

**(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)**

**(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle**
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
14 juillet 2005 (14.07.2005)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2005/064376 A1

(51) Classification internationale des brevets⁷ : G02B 6/35

(72) Inventeurs; et

(21) Numéro de la demande internationale :

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : MARTINEZ, Christophe [FR/FR]; 2 rue Sidi Brahim, F-38100 GRENOBLE (FR). VALETTE, Serge [FR/FR]; 131 cours de la libération, F-38100 GRENOBLE (FR).

PCT/FR2004/050740

(22) Date de dépôt international :

21 décembre 2004 (21.12.2004)

(74) Mandataire : POULIN, Gérard; BREVATOME, 3, rue du Docteur Lancereaux, F-75008 PARIS (FR).

(25) Langue de dépôt :

français

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(26) Langue de publication :

français

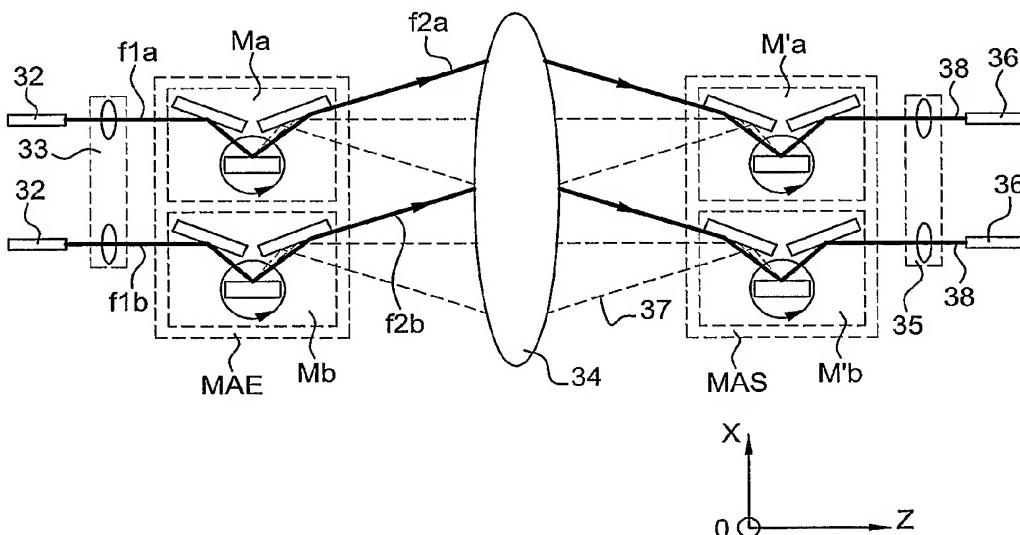
(30) Données relatives à la priorité :

03 51184 23 décembre 2003 (23.12.2003) FR

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: OPTICAL DEFLECTION ARRAY

(54) Titre : MATRICE DE DEFLEXION OPTIQUE



(57) Abstract: The invention relates to an optical deflection array comprising at least two optical deflection modules, whereby each of said modules must supply an output beam (f2) having a direction of propagation taken from a set of potential directions (d2, d3, d4) from an input beam (f1) having a given direction of propagation (d1). Each of the aforementioned modules comprises a single input beam deflection element (1) which can occupy several potential positions which are related to the potential directions from the aforementioned set and two fixed return elements (2) on either side of the deflection element (1). According to the invention, a main potential position of the deflection element (1) produces a main direction from the set, said main direction (d2) being collinear to the given direction of propagation (d1) of the input beam (f1) and the main directions of the deflection modules being located in the same plane. The invention is suitable, for example, for beam routing.

[Suite sur la page suivante]

WO 2005/064376 A1



(84) États désignés (*sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible*) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

— *avec rapport de recherche internationale*

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

(57) **Abrégé :** Il s'agit d'une matrice de déflexion optique comportant au moins deux modules de déflexion optique devant fournir chacun à partir d'un faisceau d'entrée (f1) ayant une direction de propagation (d1) donnée, un faisceau de sortie (f2) ayant une direction de propagation prise dans un ensemble de directions potentielles (d2, d3, d4). Les modules comportent chacun un unique élément de déflexion (1) du faisceau d'entrée apte à prendre plusieurs positions potentielles qui sont en relation avec les directions potentielles de l'ensemble et deux éléments de renvoi fixes (2), de part et d'autres de l'élément de déflexion (1), une position potentielle principale de l'élément de déflexion (1) conduisant à une direction principale de l'ensemble, cette direction principale (d2) étant colinéaire à la direction de propagation donnée (d1) du faisceau d'entrée (f1), les directions principales des modules de déflexion étant situées dans un même plan. Application notamment au routage de faisceaux.

MATRICE DE DEFLEXION OPTIQUE**DESCRIPTION****5 DOMAINE TECHNIQUE**

La présente invention concerne une matrice de déflexion optique comprenant des modules de déflexion optique. Un module de déflexion optique permet de dévier un faisceau optique incident.

10 Les domaines d'application de ces matrices de déflexion sont nombreux par exemple, le routage d'informations transportées par fibres optiques, le stockage d'informations, l'inspection de surface par voies optiques, la télémétrie et plus particulièrement
15 tous les secteurs demandant un balayage spatial, en particulier incrémental de faisceaux optiques.

ETAT DE LA TECHNIQUE ANTERIEURE

Le développement des systèmes de
20 télécommunication à haut débit notamment de type DWDM (abréviation de Dense Wavelength Division Multiplexing soit multiplexage en longueur d'onde dense) rend les modules de déflexion optique essentiels, ce sont des briques de base dans les architectures actuellement
25 développées. De nos jours les modules de déflexion sont réalisés à base de miroirs tournants, de cellules acousto-optiques, de réseaux de diffraction adressables électriquement.

Les modules de déflexion à miroir tournant
30 comme ceux montrés dans le document [1] dont les

références se trouvent en fin de description, comportent généralement un miroir tournant apte à prendre un grand nombre de positions angulaires. Le miroir coopère avec des moyens d'actionnement qui 5 peuvent être des commandes électrostatiques analogiques. Ces moyens d'actionnement consomment beaucoup d'énergie et nécessitent une alimentation puissante et encombrante. La commande analogique nécessite des asservissements électroniques très 10 complexes et difficiles à gérer. Dans tous les cas le module de déflexion et son actionnement sont difficilement intégrables dans des systèmes pour lesquels l'encombrement est un paramètre critique. Ces composants ne sont pas compatibles avec des méthodes de 15 fabrication collective mises en jeu dans les micro-technologies, leur rendement de fabrication est faible. Ce type de composant optique possède des limitations en terme d'industrialisation dues à sa complexité aussi bien au niveau de la fabrication, que du 20 fonctionnement. Leur coût en conséquence est élevé. Les matrices de déflexion optique comprenant de tels modules possèdent donc tous ces inconvénients.

Il a également été proposé notamment dans les documents [2] et [3] dont les références se 25 trouvent en fin de description, un module de déflexion optique et un dispositif de routage optique utilisant de tels modules de déflexion optique. Un module de déflexion optique est un simple élément de déflexion apte à prendre un nombre limité de positions angulaires 30. Entre deux modules de déflexion successifs est inséré un élément de conjugaison optique. On peut se référer

aux figures 13A, 13B qui montrent un dispositif de routage dérivé de l'enseignement de ces documents. Sur ces figures il y a, en cascade, deux éléments de déflection 100 séparés par un élément de conjugaison optique 108. Le dernier élément de déflection 100 est suivi par un élément de conjugaison optique 108. En amont des éléments de déflection 100 est placé un élément de mise en forme 104. Les deux figures 13A, 13B se distinguent l'une de l'autre par le fait que les 10 éléments de déflection 100 sont orientables selon des axes y, x distincts perpendiculaires. Chaque élément de déflection 100 est apte à fournir à partir d'un faisceau optique d'entrée ϕ_{1a} ayant une direction donnée δ_1 un faisceau optique de sortie ϕ_{2a} ayant une direction de propagation prise parmi un ensemble de directions potentielles $\delta_{20}, \delta_{21}, \dots$

Un tel dispositif de routage permet, avec plusieurs modules de déflection 100, de multiplier le nombre de positions angulaires potentielles pour le faisceau optique de sortie du module. Ces modules de déflection sont conçus pour développer une architecture tridimensionnelle. Les éléments de conjugaison optique 108 et l'élément de mise en forme 104 sont positionnés selon des axes distincts sécants. Cette architecture pose problème lors de la fabrication, du fait de la complexité de l'encapsulation. Ces dispositifs routage sont donc également encombrants. Leur utilisation n'est pas aisée non plus, ils nécessitent un réglage du positionnement des éléments de déflection qui est délicat. Un même élément de déflection peut posséder deux axes de rotation distincts.

EXPOSÉ DE L'INVENTION

La présente invention a justement comme but de proposer une matrice de déflexion optique apte à entrer dans la composition de dispositifs de routage qui ne présente pas les inconvénients mentionnés ci-dessus notamment l'encombrement, la complexité de fabrication et de fonctionnement et le coût élevé..

Un autre but de l'invention est de proposer une matrice de déflexion optique qui soit aisément réalisable en micro-technologie.

Un autre but de l'invention est de réaliser une matrice de déflexion optique permettant une intégration importante et apte à traiter un maximum de signaux sur un espace réduit. Elle permet de concevoir des dispositifs présentant un maximum d'éléments optiques dans un même substrat.

Un autre but de l'invention est de proposer une matrice de déflexion optique comprenant des modules de déflexion optique ayant un élément de déflexion apte à prendre des positions de déflexion discrètes prédéterminées, parfaitement reproductibles, qui ne nécessitent aucun asservissement électronique.

Pour atteindre ces buts, l'invention propose une matrice de déflexion optique comprenant au moins deux modules de déflexion optique avec pour chacun un élément de déflexion et deux éléments de renvoi agencés de manière à posséder chacun un unique axe optique. Une telle matrice de déflexion possède une structure simple et compacte.

Plus précisément, la présente invention concerne une matrice de déflexion optique comprenant au

moins deux modules de déflexion optique aptes à fournir chacun :

- à partir d'un faisceau optique d'entrée ayant une direction de propagation donnée, un faisceau 5 optique de sortie ayant une direction de propagation prise dans un premier ensemble de directions potentielles, ou

- à partir d'un faisceau optique d'entrée ayant une direction de propagation prise dans un second 10 ensemble de directions potentielles, un faisceau optique de sortie ayant une direction de propagation donnée. Chaque module comporte un unique élément de déflexion du faisceau optique d'entrée apte à prendre plusieurs positions potentielles qui sont en relation 15 avec les directions potentielles du premier ensemble ou du second ensemble et deux éléments de renvoi fixes disposés de part et d'autre de l'élément de déflexion, une position potentielle principale de l'élément de déflexion conduisant à une direction principale du 20 premier ensemble ou du second ensemble, cette direction principale étant colinéaire à la direction de propagation donnée du faisceau optique d'entrée ou du faisceau optique de sortie, les directions principales des modules étant situées dans un même plan.

25 La direction donnée est soit une direction fixe, soit est prise parmi plusieurs directions potentielles.

Il est avantageux que le premier ou le 30 second ensemble de directions potentielles comporte des directions discrètes prédéterminées de manière à réduire la complexité des circuits de commande de

l'élément de déflexion. La commande est alors avantageusement numérique.

L'élément de déflexion d'un module peut être un miroir.

5 Il en est de même pour l'élément de renvoi.

Dans un souci de simplification, au moins une position potentielle de l'élément de déflexion d'un module est une position discrète mécaniquement prédéterminée. Le fonctionnement d'un tel élément de 10 déflexion est parfaitement reproductible d'une utilisation à une autre ou bien d'un élément de déflexion à un élément de déflexion voisin.

Une butée peut définir au moins une position mécaniquement prédéterminée de l'élément de 15 déflexion en l'arrêtant.

Pour augmenter le nombre de positions mécaniquement prédéterminées, la butée peut être une butée double comprenant une languette apte à prendre deux positions distinctes, dans l'une des positions la 20 languette étant fléchie.

En variante, une languette solidaire de l'élément de déflexion peut être employée, cette languette étant apte à prendre deux positions distinctes en appui sur la butée, dans une de ces 25 positions la languette étant fléchie.

Il est possible que la position potentielle principale de l'élément de déflexion d'un module soit une position dans laquelle il est au repos.

L'élément de déflexion d'un module peut se 30 déplacer en rotation autour d'un axe perpendiculaire à au moins une des directions potentielles.

En variante, l'élément de déflexion d'un module peut se déplacer en rotation autour d'un axe contenu dans un plan formé par la direction donnée et la direction potentielle principale.

5 Dans une autre variante, l'élément de déflexion d'un module comporte au moins deux faces réfléchissantes positionnées dans des plans différents, cet élément étant apte à se déplacer en translation de façon à générer une rotation des plans suivant un axe 10 formé par l'intersection desdits plans. Ainsi, la translation est équivalente à une rotation des plans suivant un axe formé par l'intersection desdits plans.

L'élément de déflexion d'un module peut comporter un bras de liaison qui le relie à une partie 15 fixe.

L'élément de déflexion d'un module peut être placé sur un socle mobile.

Dans cette dernière configuration, le socle mobile peut être solidaire d'au moins un bras de 20 liaison qui le relie à une partie fixe.

Un module de déflexion optique comporte également des moyens d'actionnement de l'élément de déflexion qui peuvent être de type électrostatique et comporter au moins une paire d'électrodes, 25 éventuellement en peigne interdigitées.

Un module de déflexion optique peut aussi comporter des conduits pour permettre la propagation des faisceaux optiques d'entrée et de sortie.

Un module de déflexion optique peut être 30 réalisé au moins partiellement par des techniques

employées en micro-électrique et/ou par des techniques de moulage et/ou par des techniques de report.

Il est préférable que les éléments de renvoi d'un module soient symétriques par rapport à un 5 plan perpendiculaire à la direction de propagation potentielle principale.

Dans la matrice, les modules sont placés dans un même plan.

Ainsi, les plans de déflexion des éléments 10 de déflexion dans leur position principale peuvent être parallèles ou confondus.

Les modules de déflexion optique de la matrice seront avantageusement arrangés en au moins une ligne et/ou au moins une colonne.

15 Deux modules de déflexion optique successifs dans une ligne peuvent être séparés par un élément de conjugaison optique.

Dans une même ligne, des éléments de conjugaison optique ont des axes optiques colinéaires.

20 Lorsque la matrice comporte plusieurs modules de déflexion optique en colonne et que les faisceaux optiques ont chacun une direction de propagation fixe, les directions de propagation sont de préférence parallèles.

25 Lorsque la matrice de déflexion optique comporte plusieurs colonnes, les éléments de conjugaison optique séparant deux modules de déflexion optique appartenant à des colonnes successives peuvent être regroupés en barrette.

Les éléments de renvoi des modules de déflexion de la matrice peuvent être groupés sur un même substrat.

Ce substrat peut inclure au moins un logement pour un élément de conjugaison optique.

Les éléments de déflexion des modules peuvent également être groupés sur le même substrat.

En variante, on peut envisager que dans un module, l'élément de déflexion soit rapporté de manière à faire face aux éléments de renvoi.

Au moins une partie des modules de déflexion est groupée sur un substrat commun, ce substrat comprenant des moyens de support du reste des modules et au moins un logement pour recevoir un ou plusieurs éléments de conjugaison optique.

La présente invention concerne également un dispositif de routage destiné à coupler chacune d'une pluralité de voies optiques d'entrée à l'une quelconque d'une pluralité de voies optiques de sortie véhiculant des faisceaux optiques. Il comporte une matrice de déflexion optique d'entrée ainsi caractérisée reliée aux voies optiques d'entrée, une matrice de déflexion optique de sortie ainsi caractérisée, reliée aux voies optiques de sortie et un module de liaison entre les deux matrices de déflexion optique d'entrée et de sortie.

Le dispositif de routage comporte de préférence, en amont de la matrice de déflexion d'entrée, un module de mise en forme des faisceaux optiques véhiculés par les voies d'entrée.

De manière similaire, il peut comporter, en aval de la matrice de déflexion optique de sortie, un module de mise en forme des faisceaux optiques devant être véhiculés par les voies de sortie.

5 Avantageusement, les voies optiques d'entrée et les voies optiques de sortie sont parallèles entre elles.

Au moins un dispositif de renvoi peut être placé entre la matrice de déflexion optique d'entrée et
10 le module de liaison et/ou entre le module de liaison et la matrice de déflexion optique de sortie.

BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS

La présente invention sera mieux comprise à la lecture de la description d'exemples de réalisation
15 donnés, à titre purement indicatif et nullement limitatif, en faisant référence aux dessins annexés sur lesquels :

- les figures 1A, 1B, 1C montrent en vue de dessus plusieurs exemples d'un module de déflexion
20 optique utiles pour la compréhension de l'invention ;

- la figure 2 montre un premier exemple de matrice de déflexion optique selon l'invention ;

- les figures 3A, 3B, 3C montrent des exemples de matrices de déflexion optique selon
25 l'invention employées dans des dispositifs de routage selon l'invention ;

- les figures 4A, 4B, 4C montrent respectivement un premier exemple de matrice de déflexion optique selon l'invention gravée au sein d'un substrat, un substrat auxiliaire portant des électrodes des moyens d'actionnement des modules de déflexion
30

optique composant cette matrice de déflexion optique ainsi qu'un autre exemple de matrice de déflexion optique selon l'invention ;

5 - les figures 5A à 5D illustrent différentes étapes de fabrication d'un module déflexion optique pouvant être utilisé dans une matrice de déflexion optique de l'invention ;

10 - les figures 6A à 6F illustrent deux exemples de modules de déflexion optique à double butée pouvant être utilisés dans une matrice de déflexion optique de l'invention ;

15 - les figures 7A et 7B montrent un autre exemple de module de déflexion optique, avec des moyens d'actionnement de type peigne intergigité, pouvant être utilisé dans une matrice de déflexion optique selon l'invention ;

20 - la figure 8A illustre un module de déflexion optique dans lequel l'élément de déflexion est mobile en translation, la figure 8B montrant un élément de déflexion apte à se substituer à l'élément de déflexion de la figure 8A, ces modules de déflexion optique pouvant être utilisés dans une matrice de déflexion optique selon l'invention ;

25 - la figure 9 illustre une matrice de déflexion optique selon l'invention dont les faisceaux optiques d'entrée et de sortie sont non parallèles entre eux ;

30 - la figure 10 illustre un dispositif de routage selon l'invention dans lequel les matrices de déflexion optique sont dans des plans non parallèles ;

- les figures 11A, 11B montrent deux exemples de matrices de déflexion optiques selon l'invention ;

5 - les figures 12A, 12B montrent respectivement un exemple de module de déflexion entrant dans la composition d'une matrice de déflexion optique du mode de réalisation illustré à la figure 11B, et en trois dimensions une matrice de déflexion employant un tel module de déflexion ;

10 - les figures 13A, 13B, déjà décrites, montrent deux exemples de dispositif de routage de l'art antérieur à base de simples éléments de déflexion ;

15 Des parties identiques, similaires ou équivalentes des différentes figures décrites ci-après portent les mêmes références numériques de façon à faciliter le passage d'une figure à l'autre.

20 Les différentes parties représentées sur les figures ne le sont pas nécessairement selon une échelle uniforme, pour rendre les figures plus lisibles.

EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE MODES DE RÉALISATION PARTICULIERS

On va se référer aux figures 1A, 1B, 1C qui 25 montrent des variantes d'un module de déflexion optique utile pour la compréhension de l'invention.

Le module de déflexion optique comporte un unique élément de déflexion 1 associé à au moins un élément de renvoi 2, 2a, 2b. L'élément de renvoi peut 30 être un miroir.

Sur la figure 1A, il n'y a qu'un seul élément de renvoi 2, placé en amont de l'élément de déflexion 3. Sur la figure 1B, il n'y a qu'un seul élément de renvoi 2 placé en aval de l'élément de 5 déflexion 3. Sur la figure 1C, l'élément de déflexion 3 est placé entre deux éléments de renvoi 2a, 2b. C'est un tel module de déflexion optique qui va entrer dans la matrice de déflexion optique objet de l'invention.

Un tel module de déflexion optique est 10 destiné à recevoir au moins un faisceau optique d'entrée f1, de direction d1 donnée, et à fournir un faisceau optique de sortie f2 selon une direction d2 prise parmi un ensemble de directions potentielles d2, d3, d4. L'ensemble des directions potentielles peut 15 contenir une infinité de directions potentielles comprises entre des directions extrêmes qui servent de bornes ou au contraire un nombre fini de directions potentielles discrètes comprises entre des bornes. Cet ensemble de directions potentielles correspond à un 20 ensemble de positions angulaires qu'en théorie l'élément de déflexion pourrait prendre lors d'un déplacement. Dans l'exemple, ces directions potentielles sont coplanaires, l'ensemble de ces directions forme sensiblement un éventail.

25 Dans les exemples des figures 1, l'élément de déflexion 1 est apte à prendre plusieurs positions angulaires potentielles. Ces positions sont en relation avec les directions potentielles d2, d3, d4 du faisceau optique de sortie f2. Ces positions sont comprises 30 entre des bornes qui correspondent à des positions extrêmes de l'élément de déflexion.

Sur les figures 1A ou 1B, la direction d₁ du faisceau optique d'entrée f₁ est parallèle à une des directions potentielles d₂, d₃, d₄. Cette direction potentielle d₂ est qualifiée de direction potentielle principale. La position de l'élément de déflexion 1 qui conduit à cette position potentielle principale est qualifiée de position potentielle principale. Sur la figure 1C, la direction d₁ du faisceau optique d'entrée est colinéaire avec la direction potentielle principale d₂.

Par colinéaire on entend que les deux directions appartiennent à la même droite, elles sont dans le prolongement l'une de l'autre.

Dans l'exemple des figures 1, l'élément de déflexion 1 est mobile autour d'un axe, dirigé selon oy, perpendiculaire à au moins une des directions potentielles de l'ensemble. Ces positions angulaires peuvent être obtenues par rotation de l'élément de déflexion 1.

Dans une variante décrite ultérieurement, la rotation peut se faire autour d'un axe qui est inclus dans un plan formé par la direction donnée d₁ et la direction potentielle principale d₂.

L'élément de déflexion 1 comporte un plan de déflexion, pour un miroir il s'agit d'une face réfléchissante. Ce plan est orienté dans l'exemple de la figure 1C selon le plan yoz.

Dans des variantes décrites ultérieurement, les positions peuvent être obtenues non plus par rotation de l'élément de déflexion mais par translation de l'élément de déflexion selon une direction

quelconque. Cette translation induit la déflexion des faisceaux optiques selon des axes de rotation de direction parallèle à au moins une des directions potentielles ou bien inclus dans un plan formé par la 5 direction de propagation donnée et la direction potentielle principale.

Les positions potentielles que peut prendre l'élément de déflexion peuvent être avantageusement des positions discrètes prédéterminées. En variante, 10 l'élément de déflexion peut se déplacer en continu et prendre une pluralité de positions continues.

On peut prévoir par exemple pour l'élément de déflexion 1 plusieurs positions potentielles discrètes mécaniquement prédéterminées. Dans l'exemple 15 décrit, on a prévu deux positions extrêmes prédéterminées mécaniquement qui correspondent aux bornes. Dans chacune d'entre elles, l'élément de déflexion 1 est sollicité, il est arrêté contre une butée 3. La position potentielle principale peut être 20 une position médiane entre les deux positions extrêmes en butée. Elle correspond dans ce cas à une position de repos. Lors du fonctionnement, il est possible que la position potentielle principale ne soit pas une position choisie pour l'élément de déflexion.

25 Plus de deux ou trois positions discrètes prédéterminées sont utilisables comme on le verra sur les figures 6.

L'élément de renvoi 2 lui est fixe, il peut être placé en aval de l'élément de déflexion 1 comme 30 sur la figure 1A ou en amont comme sur la figure 1B. Un intérêt de ces structures est qu'il est possible que le

faisceau optique d'entrée f₁ ait une direction de propagation parallèle à celle prise par le faisceau optique de sortie f₂ lorsque l'élément de déflexion est dans la position principale potentielle.

5 Deux éléments de renvoi 2a, 2b peuvent être prévus l'un en amont et l'autre en aval de l'élément de déflexion. Cette configuration permet de garantir la colinéarité entre les directions et pas seulement le parallélisme évoqué plus haut.

10 Sur la figure 1A, le faisceau optique qui arrive sur l'élément de déflexion 1 est un faisceau optique incident intermédiaire f_{1'} car le faisceau optique d'entrée f₁ a été orienté par l'élément de renvoi 2 placé en amont de l'élément de déflexion 1. Le 15 faisceau optique de sortie f₂ est directement le faisceau optique défléchi par l'élément de déflexion 1. Sur la figure 1B le faisceau optique qui arrive sur l'élément de déflexion 1 est le faisceau d'entrée f₁ du module de déflexion optique. Le faisceau optique qui 20 est défléchi par l'élément de déflexion 1 est un faisceau défléchi intermédiaire f'₂ différent du faisceau optique de sortie f₂. Le faisceau optique de sortie f₂ est le faisceau optique défléchi intermédiaire f'₂ réorienté par l'élément de renvoi 2.

25 La figure 1C combine les structures de figures 1A et 1B. Le faisceau optique qui arrive sur l'élément de déflexion 1 est un faisceau optique incident intermédiaire f'₁ correspondant au faisceau optique d'entrée f₁ après orientation par l'élément de renvoi 2a, le faisceau optique f'₂ défléchi par l'élément de déflexion 1 est un faisceau optique

défléchi intermédiaire qui va être renvoyé par l'élément de renvoi 2b pour donner le faisceau optique de sortie f2 du module de déflexion optique. C'est un tel module de déflexion optique qui va entrer dans la 5 composition d'une matrice de déflexion optique de l'invention.

L'élément de déflexion 1 peut être par exemple un miroir de déviation. Ces miroirs possèdent un plan de déflexion (dans ce cas de réflexion) qui 10 correspond au plan de leur face réfléchissante.

Sur les figures 1, le faisceau optique qui arrive sur l'élément de déflexion 1 que ce soit le faisceau optique d'entrée f1 ou le faisceau optique intermédiaire f'1 possède une incidence égale à β 15 (angle que fait le faisceau optique sur l'élément de déflexion par rapport à une normale au plan de déflexion). Si l'élément de déflexion tourne d'un angle $\pm \Delta\theta$ autour de l'axe y, le faisceau défléchi par l'élément de déflexion 1 subit une déviation de $2\Delta\theta$.
20 Dans l'exemple de la figure 1C, avec deux éléments de renvoi 2a, 2b, on s'arrange pour que les deux miroirs 2a, 2b soient symétriques par rapport au plan yox, c'est-à-dire par rapport à un plan perpendiculaire à la direction potentielle principale d2. De la sorte si le 25 faisceau d'entrée f1 est colinéaire à l'axe z et que l'élément de déflexion 1 est en position potentielle principale, le faisceau de sortie f2 est colinéaire à l'axe z. Si l'élément de déflexion 1 tourne soit d'un angle $+\Delta\theta$, soit d'un angle $-\Delta\theta$, les faisceaux optiques 30 de sortie f2 dans ces deux positions seront symétriques par rapport à l'axe z et décalés de cet axe z de $2\Delta\theta$.

On démontre que pour qu'un faisceau optique arrive sur l'élément de déflexion 1 avec un angle β , il faut que l'angle α d'inclinaison des éléments de renvoi 2a, 2b par rapport aux faisceaux qui arrivent sur eux soit égal à $\alpha = \pi/4 - \beta/2$. Sur les figures 1, un angle β égal à $\pi/4$ a été choisi. Mais bien sûr cette valeur n'est pas limitative.

Dans les exemples des figures 1, la direction donnée du faisceau optique d'entrée est une direction fixe. Mais un tel module de déflexion optique est réversible. Cela signifie qu'il peut également recevoir un faisceau optique d'entrée 37 qui a une direction prise parmi un ensemble de directions potentielles et délivrer un faisceau optique de sortie 35 ayant une direction fixe comme l'illustre le module de déflexion optique M'a ou M'b de la matrice de sortie MAS de la figure 3A. Le faisceau optique de sortie est colinéaire à la direction potentielle principale de l'ensemble des directions potentielles obtenue avec l'élément de déflexion en position potentielle principale.

Un tel module de déflexion optique redresse alors le faisceau optique d'entrée 37 pour le rendre colinéaire au faisceau optique d'entrée f1a, f1b d'un module de déflexion optique Ma, Mb de la matrice d'entrée MAE.

En variante, le module de déflexion optique peut intercepter un faisceau optique d'entrée ayant une direction prise parmi un ensemble de directions potentielles et délivrer un faisceau optique de sortie ayant une direction également prise parmi un autre

ensemble de directions potentielles. Cette variante est illustrée par les modules de déflexion optique M21 de la seconde colonne de la matrice d'entrée MAE ou les modules de déflexion optique M'11 de la première 5 colonne de la matrice de sortie MAS de la figure 3B.

La présente invention concerne une matrice de déflexion optique qui comporte au moins deux modules de déflexion optique à deux éléments de renvoi ainsi définis. Les directions principales des différents 10 modules sont situées dans un même plan.

La figure 2 montre un premier exemple de matrice selon l'invention. La figure 3A illustre un autre exemple d'une telle matrice de déflexion optique au sein d'un dispositif de routage qui sera décrit 15 ultérieurement.

La matrice de déflexion optique comporte donc plusieurs modules de déflexion optique qui sont contenus dans un même plan xoz matérialisé dans l'exemple des figures 2 et 3A, 3B par le plan de la 20 feuille. Les éléments de déflexion 1 ont donc des plans de déflexion qui sont de préférence parallèles ou confondus lorsqu'ils sont tous dans la position potentielle principale. Cette configuration correspond au cas où il y a deux éléments de renvoi.

Ces modules de déflexion optique sont 25 arrangés en au moins une ligne et/ou au moins une colonne. Sur la figure 2, il n'y a qu'une seule ligne, et les modules de déflexion optique M1, M2 sont en cascade. Ils comportent deux éléments de renvoi.

Le premier module optique M1 fournit à 30 partir d'un faisceau optique d'entrée f1 un premier

faisceau optique de sortie f_2 apte à prendre n (n entier supérieur ou égal à deux) directions potentielles discrètes prédéterminées (correspondant à n positions discrètes déterminées mécaniquement de l'élément de déflection du module M_1). Le module de déflection optique M_2 , suivant dans la cascade, fournit à partir d'un second faisceau d'entrée f_{11} , un second faisceau optique de sortie f_{22} apte à prendre, pour une position du second faisceau optique d'entrée f_{11} , m directions potentielles discrètes prédéterminées (m entier supérieur ou égal à 2) correspondant à m positions discrètes déterminées mécaniquement de l'élément de déflection du module M_2 . Le second faisceau optique d'entrée f_{11} correspond au premier faisceau de sortie f_2 ayant traversé un élément de conjugaison optique 8. Il peut prendre n directions potentielles discrètes prédéterminées, déduites de celles du premier faisceau optique de sortie f_2 . Globalement dans la matrice, le second faisceau optique de sortie f_{22} est apte à prendre mn directions potentielles discrètes prédéterminées. L'élément de conjugaison optique 8, inséré entre deux modules M_1 , M_2 successifs de la cascade assure un grandissement angulaire entre les différents modules de déflection optique. Cet élément de conjugaison optique 8 peut être réalisé par un doublet de lentilles par exemple. Les modules de déflection optique peuvent être identiques ou non. Une telle matrice a un rôle de multiplicateur de directions. Si une matrice comporte dans une même ligne des modules de déflection à deux éléments de renvoi et plusieurs

éléments de conjugaison optique 8, ces derniers sont alignés.

Dans la matrice de déflexion optique de l'invention, les faisceaux optiques se propagent en 5 espace libre. Toutefois des éléments de guidage peuvent être utilisés localement par exemple au niveau d'un élément de conjugaison 8.

La figure 3A montre un dispositif de routage 2x2 selon l'invention. Il comporte une matrice 10 de déflexion optique d'entrée MAE et une matrice de déflexion optique de sortie MAS, ces matrices étant conformes à l'invention. Les matrices de déflexion optiques sont disposées dans un même plan. La matrice de déflexion optique d'entrée MAE comporte plusieurs k 15 (deux) modules de déflexion optique Ma, Mb arrangés en une colonne. Il y a donc k (deux) faisceaux optiques d'entrée f1a, f1b. Dans cet exemple les k faisceaux optiques d'entrée f1a, f1b sont parallèles. Chacun des modules Ma, Mb intercepte un des faisceaux optiques 20 d'entrée f1a, f1b et fournit un faisceau optique de sortie défléchi f2a, f2b. Chacun des faisceaux optiques de sortie f2a, f2b est apte à prendre l directions potentielles prédéterminées correspondant à l positions prédéterminées mécaniquement de l élément de déflexion 25 des modules Ma, Mb et on dispose de k faisceaux optiques de sortie f2a, f2b.

Les figures 11A, 11B montrent à la manière des figures 13A, 13B déjà décrites, en trois dimensions, deux exemples d'une ligne d'une matrice 30 selon l'invention. Une telle ligne comporte en cascade un élément de mise en forme 33, un premier module de

déflexion Ma à deux éléments de renvoi, un premier élément de conjugaison optique 34, un second module de déflexion M'a à deux éléments de renvoi, un second élément de conjugaison optique 34, un troisième module 5 de déflexion suit mais il n'a pas été représenté pour ne pas surcharger les figures. Deux modules de déflexion Ma, M'a encadrent un élément de conjugaison optique 34. Les éléments de conjugaison sont alignés, leurs axes optiques sont colinéaires. L'élément de mise 10 en forme 33 est aussi aligné avec les éléments de conjugaison 34. Son axe optique est colinéaire avec ceux des éléments de mise en forme 34. L'élément de déflexion 1 de chacun des modules de déflexion Ma, M'a est apte à se déplacer en rotation autour d'un axe y 15 qui est perpendiculaire à au moins une des directions potentielles, à savoir la direction principale. On voit bien dans cet exemple que la structure est linéaire, ce qui n'était pas le cas dans l'art antérieur. Les directions principales des deux modules de déflexion 20 Ma, Ma' sont colinéaires. La direction de propagation du faisceau optique d'entrée f1a est aussi colinéaire à ces directions principales. La figure 11B est similaire à la figure 11A à l'exception du fait que l'élément de déflexion 1 des modules de déflexion est mobile autour 25 d'un axe x qui est parallèle à au moins une des directions potentielles. Il s'agit de la direction principale. Cet axe est contenu dans un plan formé par la direction donnée et par la direction potentielle principale.

30 Dans ces deux exemples (figures 2 et 3A), les positions potentielles principales ne sont pas

toujours des positions discrètes données à l'élément de défexion lors du fonctionnement. Ce dernier peut ne prendre que deux positions extrêmes. Si la position principale est utilisée, cela rajoute une direction supplémentaire au faisceau optique de sortie.

En position principale, les plans de défexion des éléments de défexion de tous les modules sont parallèles ou confondus. Dans d'autres configurations, ce ne sera pas le cas.

Avant de décrire plus en détails le dispositif de routage de la figure 3A, on va décrire encore d'autres exemples de matrice de défexion optique selon l'invention qui sont illustrés sur les figures 4A, 4B et 4C. Il s'agit de matrices de défexion optique à plusieurs lignes et plusieurs colonnes similaire à celle MAE de la figure 3A. Tous ses modules de défexion optique M11, M21 sont placés dans un même plan xoz, au sein d'un même substrat de base 100 (de plan principal xoz), et sont répartis en quatre lignes et deux colonnes. La matrice comporte donc 4x2 modules de défexion optique. Les modules d'une colonne sont référencés M11 et les modules de l'autre colonne M21.

Chacun des modules est similaire à celui de la figure 1C avec deux éléments de renvoi 2a, 2b placés de part et d'autre d'un élément de défexion 1 de type miroir. Ces modules de défexion optique sont gravés ou moulés dans l'épaisseur du substrat de base 100. Des conduits 101 sont aussi gravés ou moulés dans le substrat de base 100 pour permettre la propagation des faisceaux optiques d'entrée, les faisceaux optiques de

sortie quelle que soit leur direction et les faisceaux optiques intermédiaires. Ainsi un alignement des éléments correspondants dans les différentes colonnes et/ou lignes peut être aisément réalisé et aucun 5 réglage du positionnement des éléments de déflexion et des éléments de renvoi n'est nécessaire.

Un zoom permet de distinguer en détail un module de déflexion optique. Les éléments de renvois 2a, 2b sont réalisés par deux parois en V obtenues par 10 gravure ou moulage. Elles sont sensiblement perpendiculaires au plan xoz du substrat de base 100 sur la figure 4A. Sur la figure 4C, les éléments de renvois 2a, 2b sont intégrés dans le substrat de base 100 et s'étendent au fond des conduits 101. Les 15 éléments de renvoi 2a, 2b sont symétriques par rapport à un plan qui est perpendiculaire à la direction potentielle principale dans les deux exemples.

Sur la figure 4A, le miroir de déflexion 1 est placé dans une cavité 4 creusée dans le substrat de 20 base 100 ayant un fond et des parois . Il comporte une plaquette 5 ayant une face avant réfléchissante, face aux éléments de renvoi 2a, 2b et une face arrière solidaire d'un bras de liaison 6 destiné à la relier au substrat de base 100, au niveau d'une paroi de la 25 cavité 4. La face réfléchissante est sensiblement perpendiculaire au plan xoz. Ce bras de liaison 6 a un rôle de charnière, il permet à la plaquette 5 de pivoter autour d'un axe dirigé selon oy et passant indifféremment par l'extrémité du bras de liaison 6 30 solidaire du substrat de base 100 ou bien par l'extrémité du bras de liaison 6 solidaire de la

plaquette 5. La plaquette 5 et le bras de liaison 6 sont espacés du fond de la cavité 4. Le déplacement de la plaquette 5 se fait, à la manière d'un balancier, dans le plan xoz et la face réfléchissante de la 5 plaquette 5 reste sensiblement perpendiculaire au plan xoz.

L'élément de déflexion 1 peut prendre plusieurs positions angulaires qui sont avantageusement discrètes et prédéterminées et dont certaines extrêmes 10 sont matérialisées par des butées 3 formées par des zones, de géométrie appropriée, de la paroi de la cavité situées en regard de la face arrière de la plaquette 5. Sur la figure 4A, les éléments de déflexion 1 sont dans une position angulaire de repos 15 sans contact avec les butées 3, dans cette position médiane le bras de liaison 6 est en position de repos sans sollicitation.

On va maintenant décrire des moyens d'actionnement de l'élément de déflexion 1. Dans cet 20 exemple, il s'agit de moyens électrostatiques avec plusieurs paires d'électrodes formées d'une électrode fixe et d'une électrode mobile. La face arrière de la plaquette 5 est dotée de part et d'autre du bras de liaison 6 de deux électrodes mobiles e1, e2. Il peut 25 s'agir de zones métallisées. La paroi de la cavité 4 comporte, face à chacune de ces électrodes mobiles e1, e2, une électrode fixe ce1, ce2 respectivement de manière à former la paire. Ces électrodes fixes sont reliées par des conducteurs 7 à un circuit de commande 30 (non représenté) prévu pour fournir des signaux de

commande de la position que doit prendre l'élément de défexion 1.

Les électrodes fixes ce1, ce2 et les conducteurs 7 peuvent être réalisées sur un substrat auxiliaire 102 tel que celui représenté sur la figure 4B qui est retourné et ensuite rapporté et fixé par exemple par collage sur le substrat 100 de base.

En l'absence de signal, l'élément de défexion 1 est dans sa position de repos médiane. Lorsqu'un signal est appliqué sur l'électrode fixe ce1, il y a attraction de l'électrode mobile e1 en regard et pivotement du bras de liaison 6 de manière à ce que l'extrémité de la plaquette 5 se trouvant du côté de l'électrode mobile e1 vienne se plaquer contre la butée 3 en regard. Tant que le signal s'applique, la plaquette 5 reste en butée. Lorsqu'un signal s'applique sur l'autre électrode fixe ce2, le même phénomène se produit au niveau de l'autre butée.

La présence des deux éléments de renvoi 2a, 2b permet aux différents modules de la matrice d'être arrangés en lignes parallèles et en colonnes parallèles les unes aux autres respectivement.

On peut prévoir dans le substrat de base 100, un ou plusieurs logements 103 devant accueillir des éléments de conjugaison optique 8, chacun insérés entre deux modules successifs d'une même ligne. Ces logements peuvent être des rainures en V ce qui permet de faciliter le positionnement précis et le réglage des éléments de conjugaison optique 8 en forme de cylindre de révolution. Si nécessaire, l'ensemble du substrat

100 est métallisé pour disposer d'un coefficient de réflexion aussi bon que possible.

Le fait que les modules M11, M21 soient répartis en plusieurs colonnes sensiblement parallèles 5 permet d'utiliser des éléments de conjugaison optique, par exemple sous forme de doublets de lentilles, regroupés en une barrette placée sensiblement parallèlement à une colonne de modules comme illustré sur la figure 3A décrite ultérieurement. Ici aussi, 10 cette barrette permet de faciliter le réglage et le positionnement de ces doublets de lentilles.

Sur le zoom de la figure 4C, on a représenté un seul élément de déflexion optique 1 qui est rapporté au dessus du substrat 100 de manière à faire face aux éléments de renvoi 2a, 2b avec lesquels il va coopérer. Il comporte comme précédemment une plaquette 5 ayant une face avant réfléchissante qui se trouve en vis à vis des éléments de renvoi 2a, 2b. La plaquette 5, en position principale, est parallèle au plan xoz. L'élément de déflexion 1 peut prendre plusieurs positions prédéterminées par rotation autour d'un axe dirigé selon l'axe oz. Un faisceau optique est représenté, il porte la référence F. Les directions potentielles qu'il peut prendre sont matérialisées.

On va maintenant décrire un module de déflexion similaire à ceux montrés sur la figure 11B, dans lequel l'élément de déflexion est apte à se déplacer en rotation autour d'un axe qui est contenu dans un plan formé par la direction potentielle principale et la direction donnée. On se réfère à la figure 12A. Seule une partie du module de déflexion se

trouve sur le substrat de base 100, il s'agit des éléments de renvoi 2a, 2b. Les faisceaux optiques ne sont pas représentés. L'élément de déflexion 1 est placé sur un substrat auxiliaire 102. Des moyens d'actionnement, schématisés par un bloc, par exemple de nature similaire à ceux décrits précédemment, peuvent être également placés sur le substrat auxiliaire 102. L'élément de déflexion 1 est solidaire de deux charnières 1.3 qui le relient au substrat auxiliaire 102. Le substrat auxiliaire 102 est évidé au voisinage de l'élément de déflexion pour permettre sa rotation. Le substrat de base 100 comporte des moyens de support 105 du substrat auxiliaire 102. Dans l'exemple, le substrat de base 100 comporte une cavité 106 dans laquelle sont placés les éléments de renvoi 2a, 2b, cette cavité est délimitée par des parois 105 qui matérialisent les moyens de support. Les éléments de renvoi 2a, 2b sont symétriques par rapport à un plan qui est perpendiculaire à la direction de propagation potentielle principale. Le substrat auxiliaire 102 est rapporté et fixé par exemple par collage au substrat de base 100.

L'ouverture référencée 101 dans une des parois 105 matérialise un conduit permettant la propagation d'un faisceau optique d'entrée ou d'un faisceau optique de sortie quelles que soient leurs directions de propagation.

La figure 12B montre à la manière de la figure 4A, un exemple de matrice selon l'invention utilisant des modules de déflexion similaires à ceux de la figure 12A. Cette matrice ne comporte qu'une seule

colonne de modules de déflexion M11. Il est facile de réaliser sur un même substrat de base 100, par des techniques classiques en microélectronique, plusieurs couples d'éléments de renvoi 2a, 2b. Le fait de placer 5 les éléments de déflexion 1 sur le substrat auxiliaire 102 permet de les réaliser aisément par une technologie planaire classique en microélectronique. Le substrat de base 100 peut comporter, comme évoqué plus haut des logements 103 pour un ou plusieurs éléments de 10 conjugaison optique 8. En amont des modules de déflexion, on a représenté des éléments de mise en forme 107.

On va voir maintenant un exemple de procédé de fabrication d'un module de déflexion optique 15 conforme à l'invention, ce procédé utilise les techniques de la micro-électronique. Ce module de déflexion optique a un élément de déflexion 1 similaire à celui représenté sur le zoom de la figure 4A. Le motif de la cavité 4 et des butées 3 a été simplifié 20 par rapport à l'exemple de la figure 4A.

Bien entendu, ce procédé peut être employé pour réaliser une matrice de modules et même un dispositif de routage comprenant une matrice de modules de déflexion optique en entrée et une matrice de 25 modules de déflexion optique en sortie. La gravure des différents modules se fait simultanément. Il suffit de prévoir également des emplacements ou des logements pour les autres éléments optiques qui composent la matrice de déflexion optique (comme celui référencé 4 30 sur la figure 4A) ou qui composent le dispositif de

routage. Ces autres éléments optiques seront décrits ultérieurement en référence aux figures 3B, 3C.

On se réfère aux figures 5A à 5D. On part d'un substrat formé d'une paire de couches 20, 21 (avec 5 une couche inférieure 20 et une couche supérieure 21), isolantes ou semi-conductrices par exemple, prenant en sandwich une couche sacrificielle 22 par exemple en oxyde de silicium. La couche supérieure 21 de la paire a une épaisseur de l'ordre de quelques centaines de 10 micromètres. La couche sacrificielle 22 n'occupe qu'une partie de la superficie des deux couches 20, 21 de la paire, cette partie correspond au moins à l'emprise que doit avoir la plaquette formant l'élément de déflexion et le bras de liaison.

15 La figure 5A montre la couche inférieure 20 du sandwich et la couche sacrificielle 22, tandis que la figure 5B montre la totalité du sandwich, mais dans ce cas la couche sacrificielle n'est plus visible.

Par une étape de gravure profonde dans la 20 couche supérieure de la paire et dans la couche sacrificielle en s'arrêtant sur la couche inférieure de la paire, on délimite le contour de la plaquette 5 et du bras de liaison 6 conduisant à l'élément de déflexion 1. On réalise aussi les surfaces en V 25 conduisant aux éléments de renvoi 2a, 2b (figure 5C). Le bras de liaison 6 a une extrémité solidaire du substrat supérieur 23 de la paire. On prévoit également le contour des butées 3. On élimine ensuite la couche sacrificielle 22 sous la plaquette 5 et sous le bras de liaison 6 de manière à les libérer. La plaquette 5 et 30 le bras de liaison 6 sont en surplomb au-dessus de la

couche inférieure 20. Les surfaces réfléchissantes sont obtenues par métallisation.

D'autres techniques de réalisation peuvent être employées. On peut envisager de réaliser un 5 moulage de matériau plastique par exemple à base de polymère dopé ou non. La technique de moulage se prête bien à la réalisation de ces modules de déflexion optique, de ces matrices de déflexion optique et de ces dispositifs de routage, car elle permet d'obtenir des 10 pièces assez épaisses à faible coût. Une métallisation du polymère est souhaitable pour bénéficier d'un coefficient de réflexion satisfaisant pour les éléments de renvoi et de déflexion.

On va voir maintenant un autre exemple de 15 module de déflexion optique selon l'invention. On se réfère aux figures 6A à 6C. Ces figures sont des figures partielles, aucun élément de renvoi n'est montré pour ne pas surcharger les figures. Comme sur les figures précédentes, l'élément de déflexion 1 de 20 type miroir, prend la forme d'une plaquette 5 solidaire d'un bras de liaison 6 relié à un support fixe 110. Dans l'exemple des figures 4, le support était 25 matérialisé par le substrat de base. Le ou les éléments de renvoi seraient aussi solidaires de ce support 110. L'élément de déflexion 1 est apte à prendre quatre 30 positions angulaires discrètes prédéterminées définies mécaniquement par deux butées doubles 30a, 30b, solidaires du support 110. Ces butées doubles sont positionnées comme les butées simples 3 de la figure 4A. L'expression butée double signifie une butée qui

est apte à prendre deux positions distinctes selon le niveau de sollicitation qu'elle reçoit.

On a représenté sur la figure 6A, l'élément de déflexion 1 en position principale, sans contact avec les butées doubles 20a, 20b. Chaque butée double 20a, 20b comporte une première butée 20.1a, 20.1b et une seconde butée 20.2a, 20.2b en cascade. La première butée 20.1a, 20.1b, en forme de languette, est apte à arrêter la plaquette 5, définissant ainsi pour l'élément de déflexion 1 une première position définie mécaniquement. Cette position est illustrée sur la figure 6B, la plaquette 5 venant en butée sur la première butée 20.1a. La plaquette 5 a tourné d'un angle α_1 par rapport à la position de repos de la figure 6A. Cette rotation se fait autour d'un axe dirigé perpendiculairement au plan de la feuille passant par l'extrémité du bras de liaison 6 côté plaquette 5. La première butée 20.1a, 20.1b grâce à sa forme de languette est apte à se flétrir si une pression supérieure à un seuil s'applique sur elle. Elle peut alors basculer jusqu'à venir, elle-même, en butée contre la second butée 20.2a, 20.2b qui est fixe. Sur la figure 6C, la plaquette 5, tout en restant appuyée contre la première butée 20.1a, s'est inclinée d'un angle α_2 et a pris une autre position mécaniquement définie. En définitif, l'élément de déflexion 1 a tourné d'un angle $\alpha_1 + \alpha_2$ par rapport à sa position initiale de repos. Le même phénomène se produit lorsque l'élément de déflexion 1 bascule dans l'autre sens et que l'autre butée double 20b coopère

avec lui, autorisant deux autres positions angulaires définies mécaniquement.

Une variante de ce mode de réalisation est illustrée aux figures 6D à 6F. Au lieu que ce soit la 5 butée qui comporte une languette, c'est maintenant l'élément de déflexion 1 qui est doté d'au moins une languette 5.1 qui lorsqu'elle coopère avec une butée 20 simple solidaire du substrat 110, est apte à prendre deux positions distinctes. Sur la figure 6D, l'élément 10 de déflexion 1 est en position de repos, aucune de ses butées 5.1 étant en contact avec la butée 20 du substrat 110. Sur la figure 6E, l'élément de déflexion a pivoté d'un angle α_1 et la languette 5.1 est venue en contact avec la butée 20 du substrat. Une force F a été 15 appliquée sur l'élément de déflexion 1 à proximité de la languette 5.1. A partir de cette position, si on applique une force F' suffisante sur l'élément de déflexion 1 à proximité de la languette 5.1, cette dernière est apte à prendre une autre position en se 20 fléchissant, ce qui permet à l'élément de déflexion 1 de s'incliner d'un angle α_2 à partir de l'inclinaison α_1 .

On va voir maintenant un autre mode de réalisation du module de déflexion optique selon 25 l'invention en se référant aux figures 7A, 7B. Comme précédemment, ces figures ne représentent que partiellement le module de déflexion optique, aucun élément de renvoi n'ayant été représenté. L'élément de déflexion est un miroir. L'élément de déflexion repose 30 sur un socle 31 dirigé selon le plan xoz apte à se déplacer en rotation autour d'un axe sensiblement

perpendiculaire au plan xoz. Le socle 31 est relié par une accroche fine 6.1 au support 110. L'axe de rotation passe par cette accroche 6.1. Les moyens d'actionnement de l'élément de déflexion 1 comportent deux jeux 5 d'électrodes en peigne 9.1, 9.2 destinés à coopérer. Le socle 31 est aussi relié à un 9.1 des jeux d'électrodes en peigne qui est mobile. Cette liaison se fait par l'intermédiaire d'un bras de liaison 6.2. L'autre jeu 10 d'électrodes en peigne 9.2 est fixe et est solidaire du support 110. L'attache du bras de liaison 6.2 avec le socle 31 est décalée du point d'attache de l'accroche fine 6.1 de manière à ce qu'un déplacement du socle en rotation puisse se faire. Sur la figure, le socle 31 15 est représenté rectangulaire, le point d'attache de l'accroche fine 6.1 se trouve sur un côté du rectangle et le point d'attache du bras de liaison 6.2 sur un autre côté. Lors de l'interaction entre les deux jeux 20 d'électrodes en peigne 9.1, 9.2, le jeu d'électrodes mobile 9.1 se déplace en translation entraînant dans son mouvement le basculement du socle 31 autour de l'axe.

On va s'intéresser maintenant à un autre mode de réalisation d'un module de déflexion optique selon l'invention dans lequel, au lieu de se déplacer 25 en rotation, l'élément de déflexion 1 est apte à se déplacer en translation. On se réfère à la figure 8A, qui est une vue de dessus du module de déflexion optique.

Jusqu'à présent les éléments de déflexion 30 de type miroir possédaient une seule face de réflexion. On distingue dans cette configuration un élément de

déflexion 1 et de part et d'autre deux éléments de renvoi 2a, 2b. L'élément de déflexion 1 est de type miroir avec deux faces réfléchissantes 1.1, 1.2 agencées en V et donc positionnées dans des plans 5 différents. L'intersection des deux faces réfléchissantes 1.1, 1.2 forme une arête qui est perpendiculaire au plan xoz. Les directions potentielles d₂, d₃, d₄ de propagation du faisceau optique de sortie f₂ sont contenues dans le plan xoz.

10 La direction d₁ du faisceau optique d'entrée f₁ est colinéaire avec la direction potentielle principale d₂ qui est médiane avec les directions potentielles d₃, d₄. Dans cet exemple, il s'agit de la direction principale d₂ qui est obtenue lorsqu'un faisceau 15 optique percute l'élément de déflexion 1 au niveau de l'arête du V. L'élément de déflexion est alors dans sa position principale.

Le déplacement de l'élément de déflexion 1 se fait dans le plan xoz selon une direction parallèle 20 à au moins une des directions potentielles. Plus particulièrement, cette translation se fait parallèlement à la direction principale d₂ et donc parallèlement la direction d₁ du faisceau optique d'entrée f₁. Cette translation se fait entre deux 25 butées 3 fixes qui matérialisent deux positions potentielles discrètes extrêmes définies mécaniquement et qui bornent l'ensemble des positions potentielles. Ces positions extrêmes conduisent aux deux directions potentielles d₃ et d₄. La direction principale est une 30 direction médiane. Les moyens d'actionnement de l'élément de déflexion peuvent être réalisés par des

paires d'électrodes similaires à celles des figures 4A, 4B. Les électrodes fixes seraient localisées sur les butées 3 et les électrodes mobiles sur les faces d'extrémité de l'élément de déflexion, en regard des 5 électrodes fixes. Les électrodes n'ont pas été représentées pour ne pas surcharger la figure. Ce module de déflexion est bien entendu également réversible.

Sur la figure 8B on a représenté uniquement 10 un autre mode de réalisation de l'élément de déflexion 1 apte à remplacer celui de la figure 8A. Au lieu de se déplacer en translation parallèlement à une des directions potentielles, il est apte à se déplacer en translation perpendiculairement à au moins une des 15 directions potentielles. Dans cet exemple il s'agit toujours de la direction principale d2. L'élément de déflexion comporte, dans cet exemple, deux faces réfléchissantes 1.1, 1.2 inclinées selon des plans différents dont l'intersection défini un axe R. L'axe R 20 est un axe de rotation des faces réfléchissantes 1.1, 1.2. Ces faces sont côte à côte dans la direction du déplacement et tête-bêche. La direction du déplacement est parallèle à l'axe R de rotation. La translation desdites faces 1.1, 1.2 selon la direction est 25 équivalente à une rotation desdites faces 1.1, 1.2 selon l'axe R.

La figure 9 illustre une variante d'une matrice avec deux modules de déflexion optique M1, M2. Cette matrice de déflexion optique comporte deux 30 modules de déflexion optique agencés en colonne avec pour chacun : un élément de déflexion 1 et deux

éléments de renvoi 2a, 2b. Dans ce mode de réalisation, les directions d_{1a}, d_{1b} des faisceaux d'entrée f_{1a}, f_{1b} ne sont pas parallèles entre elles. Il en est de même pour les directions (non référencées) des faisceaux de 5 sortie f_{2a}, f_{2b} en sortie des modules M₁, M₂. Les éléments de déflexion 1 sont des miroirs avec une face de réflexion et en position de repos les faces de réflexion ne sont pas parallèles entre elles.

De plus, le débattement des éléments de 10 déflexion 1 n'est pas identique d'un module de déflexion optique M₁ à l'autre M₂. Les butées 3 qui matérialisent des positions extrêmes mécaniquement déterminées des deux éléments de déflexion 1 ne sont pas identiques. Leur épaisseur est différente ce qui 15 fait que, en position de repos, l'espace 10.1, 10.2 qui sépare l'élément de déflexion 1 d'une butée 3 n'est pas le même d'un module de déflexion optique M₁ à l'autre M₂. Dans l'exemple l'espace 10.1 présent dans le module 20 M₁ est plus petit que l'espace 10.2 présent dans le module M₂. Cette caractéristique aurait pu être présente dans les matrices de déflexion optique des exemples précédents.

On va revenir maintenant sur la description d'un dispositif de routage en se référant aux figures 25 3A à 3C. Le dispositif de routage de la figure 3A est un dispositif de routage point par point, il a une structure très simple à deux voies d'entrée et deux voies de sortie.

Ce dispositif de routage permet de coupler 30 chacune de n (deux) voies d'entrée optique 32 à l'une quelconque de n' (deux) voies de sortie optique 36. De

façon plus générale, le nombre de voies d'entrée n n'est pas forcément égal au nombre n' de voies de sortie. Le nombre de voies d'entrée n est inférieur ou égal au nombre n' de voies de sortie.

5 Ce dispositif de routage comporte, en cascade, une matrice de déflexion optique d'entrée MAE reliée aux voies d'entrée optiques 32, un module de liaison 34, une matrice de déflexion optique de sortie MAS reliée aux voies de sortie optique 36. Les voies
10 d'entrée 32 sont matérialisées dans cet exemple par des fibres optiques. Elles aptes à véhiculer chacune un faisceau optique d'entrée f1a, f1b pénétrant dans la matrice de déflexion optique d'entrée MAE. Tous les modules de déflexion optique constituant la matrice de
15 déflexion optique d'entrée MAE et la matrice de déflexion optique de sortie MAS sont agencés dans un même plan xoz ou dans des plans parallèles. Les modules de déflexion optique Ma, Mb de la matrice d'entrée MAE et les modules de déflexion optique M'a, M'b de la
20 matrice de sortie MAS forment deux à deux des lignes qui sont parallèles.

La matrice de déflexion optique d'entrée MAE a déjà été décrite plus haut. Les directions de propagation des faisceaux d'entrée f1a, f1b sont colinéaires avec une direction de propagation potentielle des faisceaux de sortie f2a, f2b.
25

Le module de liaison 34 est destiné à rassembler de façon biunivoque sur l points de focalisation spatiale les l directions potentielles de la matrice de déflexion optique d'entrée MAE. Il est apte à générer kxl faisceaux optiques intermédiaires 37
30

de directions comprises dans un ensemble de l directions. Il peut être formé d'une ou plusieurs lentilles ou d'un ou plusieurs miroirs.

La matrice de déflexion optique de sortie 5 MAS est similaire à la matrice de déflexion optique d'entrée MAE mais fonctionne de manière inversée. Elle est apte à intercepter les kxl faisceaux optiques intermédiaires 37 (qui représentent ses faisceaux optiques d'entrée) et à générer à partir de ces kxl 10 faisceaux optiques intermédiaires 37, j faisceaux optiques de sortie 38 qui sont tous parallèles aux k faisceaux optiques d'entrée f1a, f1b de la matrice d'entrée MAE. Ces j faisceaux optiques de sortie 38 peuvent être véhiculés par des fibres optiques de 15 sortie 36 matérialisant les voies de sortie optique. Le nombre j est égal au nombre l. On a généralement j égal k.

Plus précisément, chaque module de déflexion optique M'a, M'b reçoit un faisceau d'entrée 20 (un faisceau intermédiaire 37), ce faisceau intermédiaire 37 peut se propager selon une direction prise parmi l directions potentielles. Ces directions sont fonction des l directions potentielles des faisceaux f2a, f2b de sortie de la matrice d'entrée MAE 25 et plus particulièrement des positions potentielles prises par le faisceau optique de sortie f2a qui après avoir traversé la module de liaison 34 va être intercepté par le module M'a. Chaque module de déflexion optique M'a, M'b fournit un faisceau de 30 sortie 38 se propageant selon une direction donnée fixe qui est la direction des faisceaux d'entrée f1a, f1b de

la matrice d'entrée MAE. Cette matrice de sortie MAS a un rôle de diviseur de positions angulaires. Les faisceaux d'entrée dans la matrice d'entrée MAE sont contenus dans un plan. Les faisceaux de sortie de la 5 matrice d'entrée MAE sont contenus dans un autre plan. Les plans sont parallèles ou confondus.

Les faisceaux d'entrée 37 dans la matrice de sortie MAS sont contenus dans un plan. Les faisceaux de sortie 38 de la matrice de sortie MAS sont contenus 10 dans un autre plan. Les plan sont confondus ou parallèles. De plus le plan des faisceaux de sortie de la matrice d'entrée et le plan des faisceaux d'entrée de la matrice de sortie MAS sont également confondus ou parallèles.

15 Avant de pénétrer dans la matrice d'entrée MAE, les k faisceaux optiques d'entrée f1a, f1b traversent un module de mise en forme 33. Le module de mise en forme 33 sert à imager les faisceaux optiques f1a, f1b issus des fibres optiques d'entrée 32 sur les 20 éléments de déflection optique. Le module de mise en forme 33 peut comporter une lentille ou un miroir pour chacun des faisceaux d'entrée f1a, f1b. Les faisceaux optiques avant et après mise en forme portent la même référence pour ne pas multiplier inutilement les 25 notations.

Les faisceaux optiques 38 qui émergent de la matrice de déflection optique de sortie MAS traversent un module de mise en forme de sortie 35. Ce module de mise en forme de sortie 35 est similaire au 30 module de mise en forme d'entrée 33 et il a le même rôle. De la même manière, on a référencé de la même

manière les faisceaux de sortie 38 de la matrice de sortie MAS et les faisceaux de sortie 38 du module de mise en forme de sortie 35.

Sur les figures 3B et 3C, on a représenté 5 en vue de dessus et en trois dimensions un dispositif de routage un peu plus complexe avec quatre voies d'entrée optique et quatre voies de sortie optique parallèles entre elles. La matrice d'entrée MAE est comparable à celle illustrée sur la figure 4A. La 10 matrice de sortie MAS est comparable à la matrice d'entrée MAE mais elle fonctionne en inverse. La matrice d'entrée a un rôle de multiplicateur de directions potentielles et celle de sortie MAS de diviseur de directions potentielles.

15 Ainsi dans cet exemple, avec deux positions discrètes mécaniquement déterminées pour chaque module de déflection optique, les faisceaux d'entrée des modules de déflection optique M11 de la première colonne de la matrice d'entrée MAE ont une direction donnée 20 fixe.

Les faisceaux de sortie des modules de déflection optique M11 de la première colonne de la matrice de déflection optique d'entrée MAE sont aptes à prendre deux directions potentielles discrètes 25 déterminées mécaniquement.

Les faisceaux d'entrée des modules de déflection optique M21 de la seconde colonne de la matrice d'entrée MAE sont aptes à prendre deux directions potentielles discrètes déterminées 30 mécaniquement.

Les faisceaux de sortie des modules de déflection optique M21 de la seconde colonne de la matrice d'entrée MAE sont aptes à prendre quatre directions potentielles discrètes déterminées 5 mécaniquement.

Les faisceaux d'entrée des modules de déflection optique M'11 de la première colonne de la matrice de sortie MAS sont aptes à prendre quatre directions potentielles discrètes déterminées 10 mécaniquement.

Les faisceaux de sortie des modules de déflection optique M'11 de la première colonne de la matrice de déflection optique de sortie MAS sont aptes à prendre deux directions potentielles discrètes 15 déterminées mécaniquement.

Les faisceaux d'entrée des modules de déflection optique M'21 de la seconde colonne de la matrice de sortie MAS sont aptes à prendre deux directions potentielles discrètes déterminées 20 mécaniquement.

Les faisceaux de sortie des modules de déflection optique M'21 de la seconde colonne de la matrice de sortie MAS sont aptes à prendre une direction donnée fixe.

25 Sur la figure 3C, on a représenté supporté par un substrat commun 120, en cascade, un module de mise en forme d'entrée 33 prenant l'aspect d'une barrette, une matrice d'entrée MAE (similaire à celle de la figure 4A), un module de liaison 34 prenant 30 l'aspect d'une barrette, une matrice de sortie MAS (similaire à celle de la figure 4A), un module de mise

en forme de sortie 35 prenant l'aspect d'une barrette. Des fibres optiques 32 sont reliées en entrée du module de mise en forme d'entrée 33, des fibres optiques 36 émergent du module de mise en forme de sortie 35.

5 Les matrices d'entrée MAE et de sortie MAS d'un dispositif de routage selon l'invention ne sont pas toujours coplanaires ou placées dans des plans parallèles comme illustré sur la figure 10. Au moins un dispositif de renvoi 11 peut être inséré soit en amont, 10 soit en aval du module de liaison 34, c'est à dire soit entre la matrice de déflexion optique d'entrée MAE et le module de liaison 34, soit entre le module de liaison 34 et la matrice de déflexion optique de sortie MAS. Dans l'exemple de la figure 10, il y a un 15 dispositif de renvoi 11 de chaque côté du module de liaison 34.

Bien qu'un certain nombre de modes de réalisation de la présente invention aient été représentés et décrits de façon détaillée, on 20 comprendra que différents changements et modifications puissent être apportés sans sortir du cadre de l'invention.

25 RÉFÉRENCES CITÉES

[1] « Scalable optical cross-connect switch using micromachined mirrors » Paul M HAGELIN et al, IEEE Photonics Technologies letters, vol 12, NO. 7, July 2000, pages 882-884.

30 [2] FR-A-2 821 678.

[3] FR-A-2 821 681

REVENDICATIONS

1. Matrice de défexion optique comportant au moins deux modules de défexion optiques (Ma, Mb) aptes à fournir chacun :

5 - à partir d'un faisceau optique d'entrée (f1) ayant une direction de propagation donnée (d1), un faisceau optique de sortie (f2) ayant une direction de propagation prise dans un premier ensemble de directions potentielles (d2, d3, d4), ou

10 - à partir d'un faisceau optique d'entrée (37) ayant une direction de propagation prise dans un second ensemble de directions potentielles, un faisceau optique de sortie (38) ayant une direction de propagation donnée,

15 caractérisée en ce que chaque module de défexion optique comporte un unique élément de défexion (1) du faisceau optique d'entrée apte à prendre plusieurs positions potentielles qui sont en relation avec les directions potentielles du premier ensemble ou du second ensemble et deux éléments de renvoi fixes (2a, 2b) disposés de part et d'autre de l'élément de défexion (1), une position potentielle principale de l'élément de défexion conduisant à une direction principale (d2) du premier ensemble ou du second ensemble, cette direction principale étant colinéaire à la direction de propagation donnée (d1) du faisceau optique d'entrée ou du faisceau optique de sortie, les directions principales des modules de défexion optique étant situées dans un même plan.

2. Matrice de déflexion optique selon la revendication 1, caractérisée en ce que la direction donnée est une direction fixe ou est prise parmi plusieurs directions potentielles.

5

3. Matrice de déflexion selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisée en ce que le premier ou le second ensemble de directions potentielles comporte des directions discrètes prédéterminées.

10

4. Matrice de déflexion optique selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisée en ce que l'élément de déflexion (1) d'un module est un miroir.

15

5. Matrice de déflexion optique selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisée en ce qu'au moins une position potentielle de l'élément de déflexion (1) d'un module est une position discrète mécaniquement prédéterminée.

20

6. Matrice de déflexion selon la revendication 5, caractérisée en ce qu'une butée (20, 20a) définit au moins une position mécaniquement prédéterminée de l'élément de déflexion (1) d'un module en l'arrêtant.

25

7. Matrice de déflexion selon la revendication 6, caractérisée en ce que la buté (20a) est une butée double comprenant une languette (20.1a) apte à prendre deux positions distinctes, dans l'une des positions la languette étant fléchie.

8. Matrice de déflexion selon l'une des revendications 6 ou 7, caractérisée en ce qu'une languette (5.1) est solidaire de l'élément de déflexion 5 (1), cette languette (5.1) étant apte à prendre deux positions distinctes en appui sur la butée (20), dans une de ces positions la languette étant fléchie.

9. Matrice de déflexion selon l'une des 10 revendications 1 à 8, caractérisée en ce que la position potentielle principale de l'élément de déflexion (1) est une position dans laquelle il est au repos.

15 10. Matrice de déflexion selon l'une des revendications 1 à 9, caractérisée en ce que l'élément de déflexion (1) d'un module est apte de se déplacer en rotation autour d'un axe (y) perpendiculaire à au moins une des directions potentielles.

20 11. Matrice de déflexion selon l'une des revendications 1 à 10, caractérisée en ce que l'élément de déflexion d'un module est apte à se déplacer en rotation autour d'un axe (z) contenu dans le plan formé 25 par la direction donnée (d1) et la direction potentielle principale (d2).

12. Matrice de déflexion selon l'une des revendications 1 à 9, caractérisée en ce que l'élément 30 de déflexion (1) d'un module comporte au moins deux faces réfléchissantes (1.1, 1.2) positionnées dans des

plans différents et est apte à se déplacer en translation de manière à générer une rotation des plans suivant un axe (R) formé par l'intersection desdits plans.

5

13. Matrice de déflexion optique, selon l'une des revendications 1 à 12, caractérisée en ce que l'élément de déflexion (1) d'un module comporte un bras de liaison (6) qui le relie à une partie fixe (100).

10

14. Matrice de déflexion optique selon l'une des revendications 1 à 13, caractérisée en ce que l'élément de déflexion (1) d'un module est sur un socle mobile (31).

15

15. Matrice de déflexion optique selon la revendication 14, caractérisée en ce que le socle mobile (31) est solidaire d'un bras de liaison (6.2) qui le relie à une partie fixe (100).

20

16. Matrice de déflexion optique selon l'une des revendications 1 à 15, caractérisée en ce qu'elle comporte des moyens d'actionnement de l'élément de déflexion d'un module de type électrostatique 25 comportant au moins une paire d'électrodes (e1, ce1), éventuellement en peigne interdigitées.

17. Matrice de déflexion optique selon l'une des revendications 1 à 16, caractérisée en ce 30 qu'elle comporte des conduits (101) pour guider les faisceaux optiques d'entrée et de sortie.

18. Matrice de déflexion optique selon l'une des revendications 1 à 17, caractérisée en ce qu'elle est réalisée, au moins partiellement, par des 5 techniques employées en micro-électrique.

19. Matrice de déflexion optique selon l'une des revendications 1 à 17, caractérisée en ce qu'elle est réalisée au moins partiellement, par des 10 techniques de moulage.

20. Matrice de déflexion optique selon l'une des revendications 1 à 19, caractérisée en ce qu'elle est réalisée, au moins partiellement, par des 15 techniques de report.

21. Matrice de déflexion optique selon l'une des revendications 1 à 20, caractérisée en ce les deux éléments de renvoi (2a, 2b) d'un module sont 20 symétriques par rapport à un plan perpendiculaire à la direction de propagation potentielle principale (d2).

22. Matrice de déflexion optique selon l'une des revendications 1 à 21, caractérisée en ce que 25 les modules (Ma, Mb) sont placés dans un même plan.

23. Matrice de déflexion optique selon l'une des revendication 1 à 22, caractérisée en ce que chaque élément de déflexion (1) d'un module possède un 30 plan de déflexion, les plans de déflexion des éléments

de déflexion dans leur position principale étant parallèles ou confondus.

24. Matrice de déflexion optique selon
5 l'une des revendications 1 à 23, caractérisée en ce que les modules de déflexion optique (M_{11} , M_{21}) sont arrangés en au moins une ligne et/ou au moins une colonne.

10 25. Matrice de déflexion optique selon la revendication 24, caractérisée en ce que deux modules de déflexion optique (M_1 , M_2) successifs dans une ligne sont séparés par un élément de conjugaison optique (8).

15 26. Matrice de déflexion optique selon la revendication 25, caractérisée en ce que lorsqu'elle comporte dans une même ligne des éléments de conjugaison optique (34) et que les modules de déflexion optique (M_a , M'_a) comportent deux éléments de 20 renvoi (2a, 2b), les éléments de conjugaison optique (34) ont des axes optiques colinéaires.

27. Matrice de déflexion optique selon l'une des revendications 1 à 26, caractérisée en ce 25 que, lorsqu'elle comporte plusieurs modules de déflexion optique en colonne (M_{11}) et que les faisceaux optiques ont chacun une direction de propagation fixe, les directions de propagation sont parallèles.

30 28. Matrice de déflexion optique selon l'une des revendications 1 à 27, caractérisée en ce

que, lorsqu'elle comporte plusieurs colonnes, les éléments de conjugaison optique (8) séparant deux modules de déflexion optique appartenant à des colonnes successives sont regroupés en barrette.

5

29. Matrice de déflexion optique selon l'une des revendications 1 à 28, caractérisée en ce que les éléments de renvoi des modules de déflexion sont groupés sur un même substrat (100).

10

30. Matrice de déflexion optique selon la revendication 29, caractérisée en ce que le substrat (100) inclut au moins un logement (103) pour un élément de conjugaison optique (8).

15

31. Matrice de déflexion optique selon l'une des revendications 29 à 30, caractérisée en ce que les éléments de déflexion (1) des modules sont groupés sur le substrat (100).

20

32. Matrice de déflexion optique selon l'une des revendications 29 à 31, caractérisée en ce que dans un module, l'élément de déflexion (1) est rapporté de manière à faire face aux éléments de renvoi (2a, 2b).

33. Matrice de déflexion optique selon la revendication 29, caractérisée en ce qu'au moins une partie (2a, 2b) des modules de déflexion est groupée sur un substrat commun (100), ce substrat (100) comprenant des moyens de support (105) du reste des

modules et au moins un logement (103) pour un ou plusieurs éléments de conjugaison optique.

34. Dispositif de routage destiné à coupler
5 chacune d'une pluralité de voies optiques d'entrée (32)
à l'une quelconque d'une pluralité de voies optiques de
sortie (36) véhiculant des faisceaux optiques,
caractérisé en ce qu'il comporte une matrice de
déflexion optique d'entrée (MAE) selon l'une des
10 revendications 1 à 33, reliée aux voies optiques
d'entrée, une matrice de déflexion optique de sortie
(MAS) selon l'une des revendications 1 à 33, reliée aux
voies optiques de sortie et un module de liaison (34)
entre les deux matrices d'entrée et de sortie.

15

35. Dispositif de routage selon la
revendication 34, caractérisé en ce qu'il comporte en
amont de la matrice de déflexion optique d'entrée (MAE)
un module de mise en forme (33) des faisceaux optiques
20 véhiculés par les voies d'entrée.

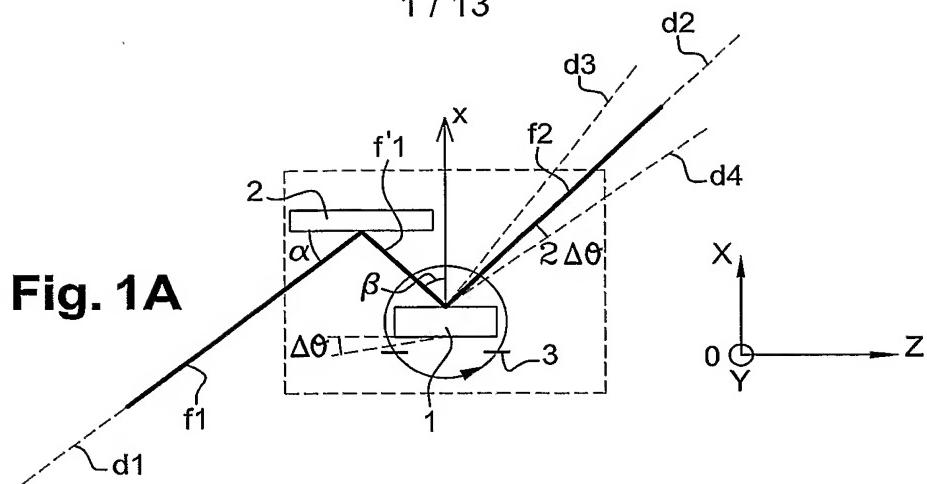
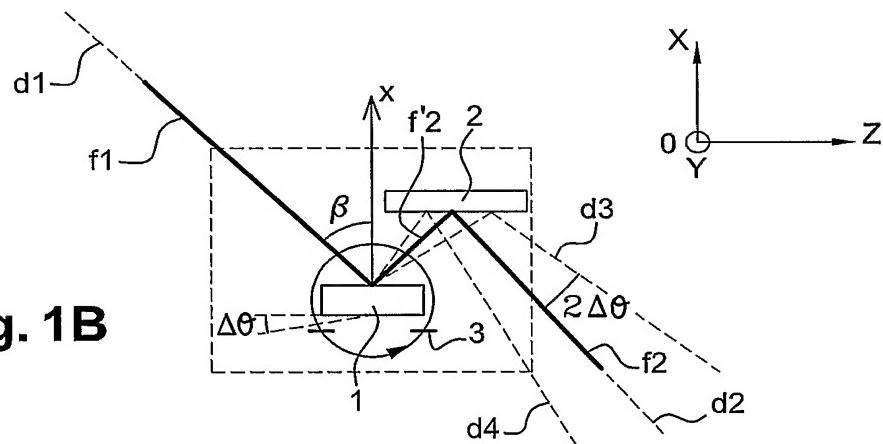
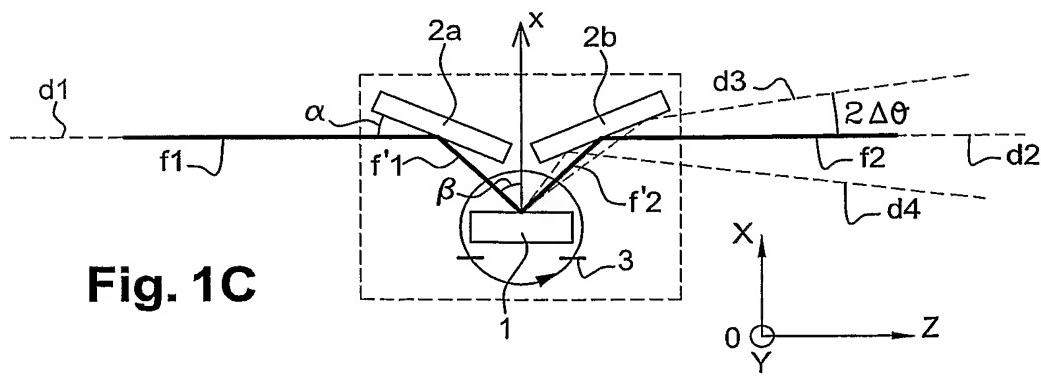
36. Dispositif de routage selon l'une des
revendications 34 ou 35, caractérisé en ce qu'il
comporte en aval de la matrice de déflexion optique
25 (MAS) de sortie un module de mise en forme (35) des
faisceaux optiques devant être véhiculés par les voies
de sortie.

37. Dispositif de routage selon l'une des
30 revendications 34 à 36, caractérisé en ce que les voies

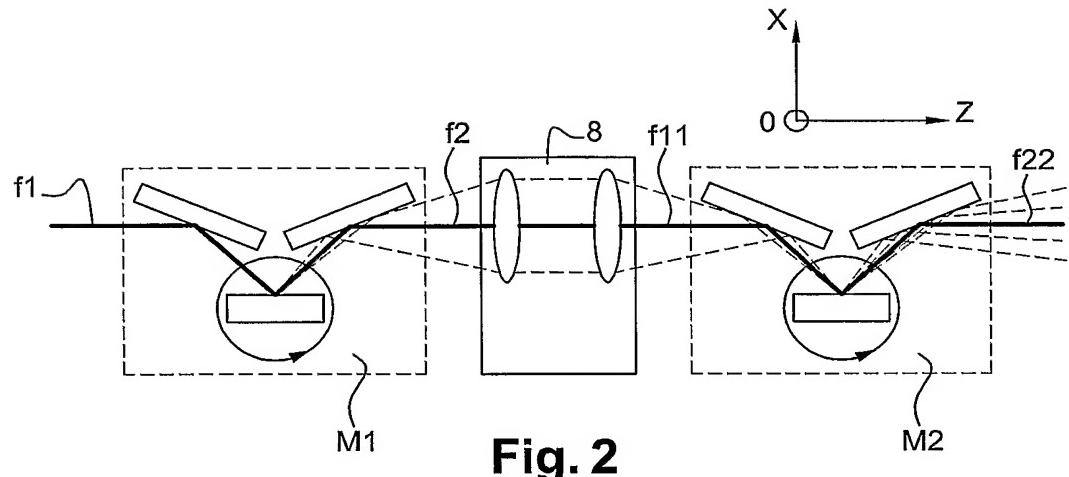
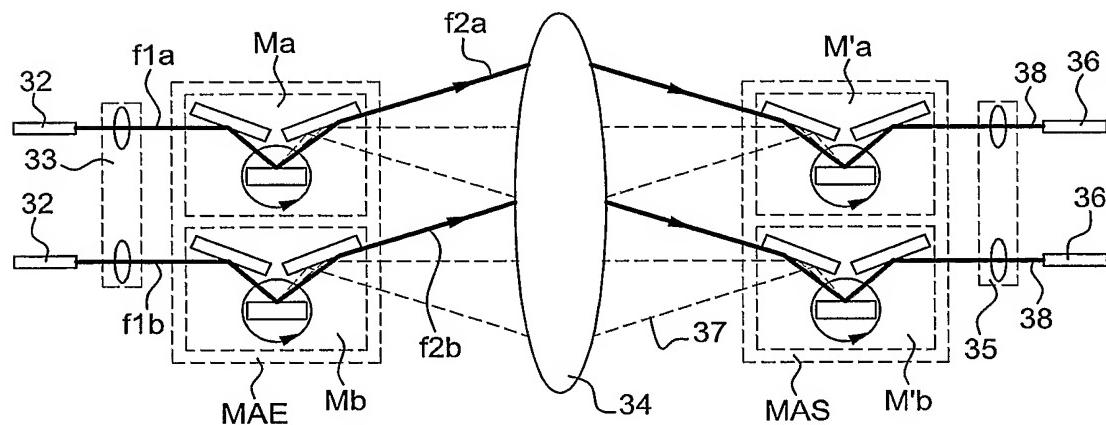
optiques d'entrée (32) et les voies optiques de sortie (36) sont parallèles entre elles.

38. Dispositif de routage selon l'une des revendications 34 à 37, caractérisé en ce qu'au moins un dispositif de renvoi (11) est placé entre la matrice de déflexion optique d'entrée (MAE) et le module de liaison (34) et/ou entre le module de liaison (34) et la matrice de déflexion optique de sortie (MAS).

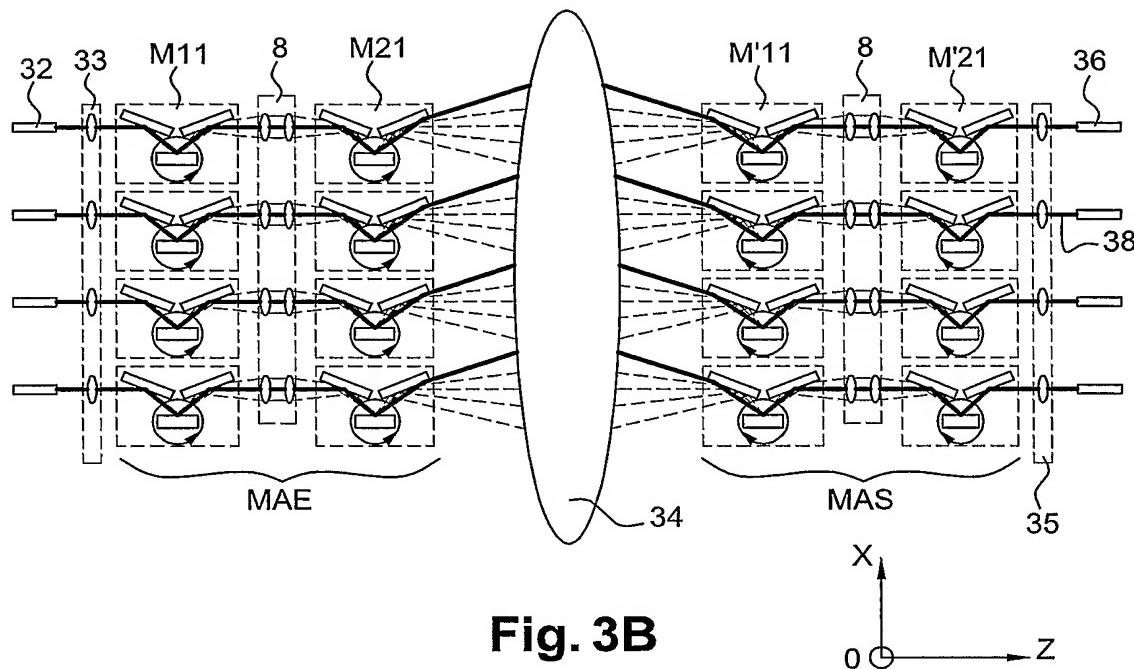
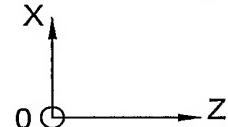
1 / 13

**Fig. 1A****Fig. 1B****Fig. 1C**

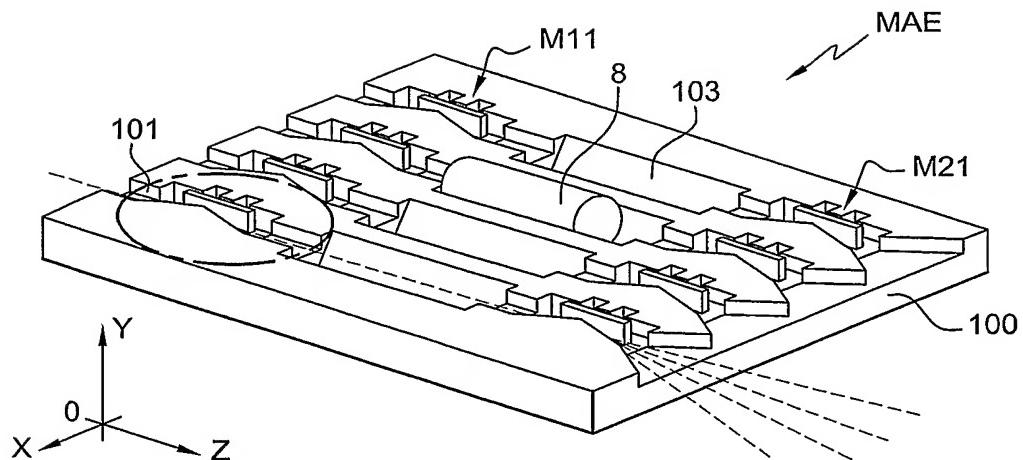
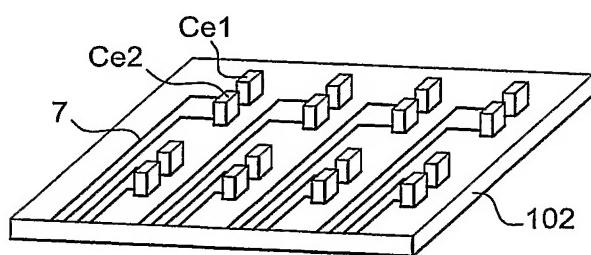
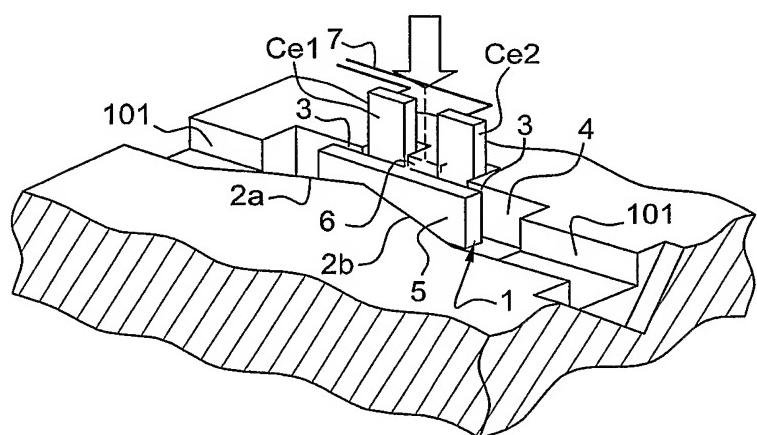
2 / 13

**Fig. 2****Fig. 3A**

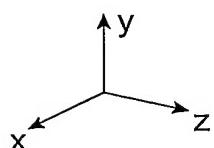
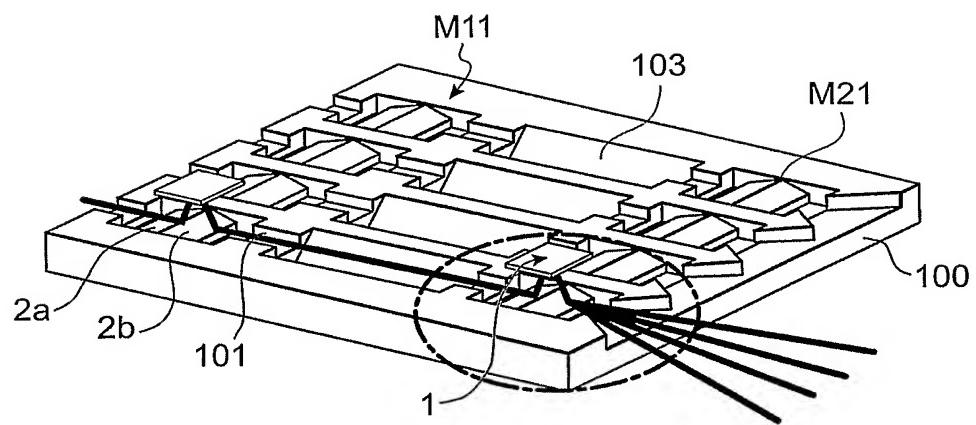
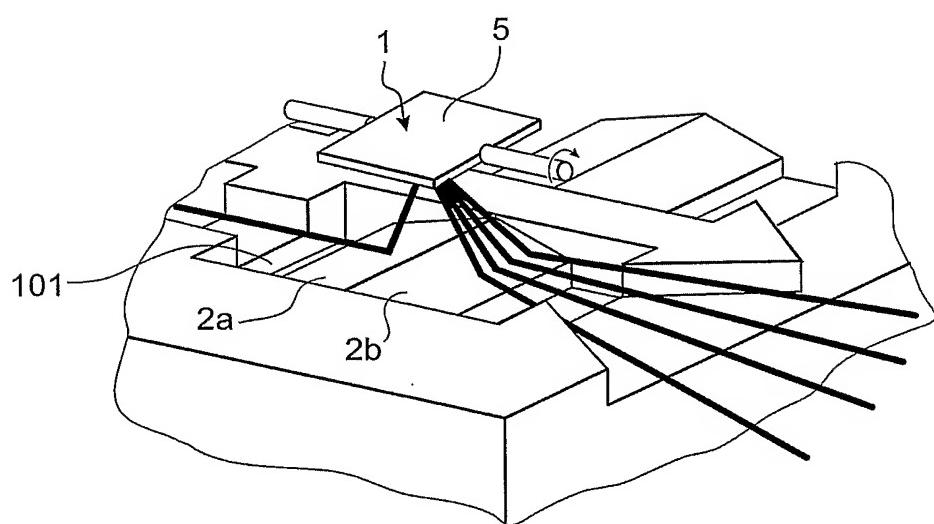
3 / 13

**Fig. 3B****Fig. 3C**

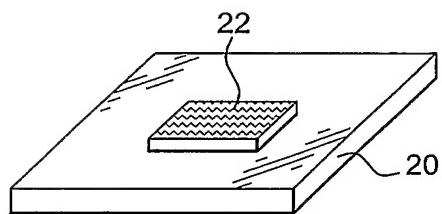
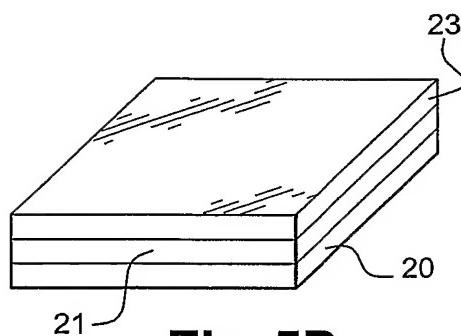
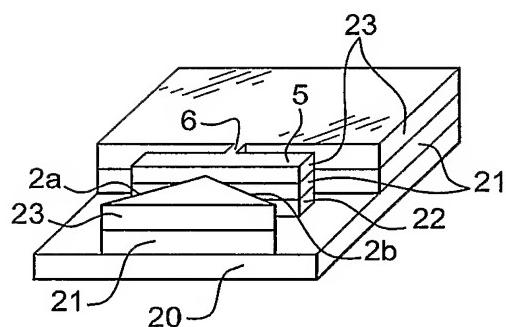
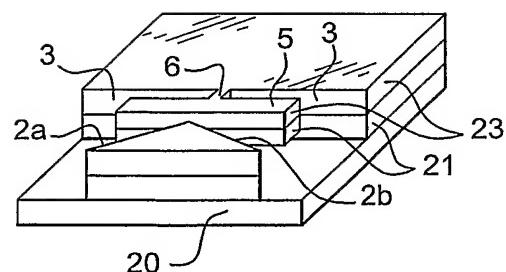
4 / 13

**Fig. 4A****Fig. 4B**

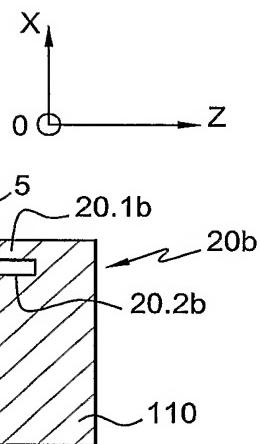
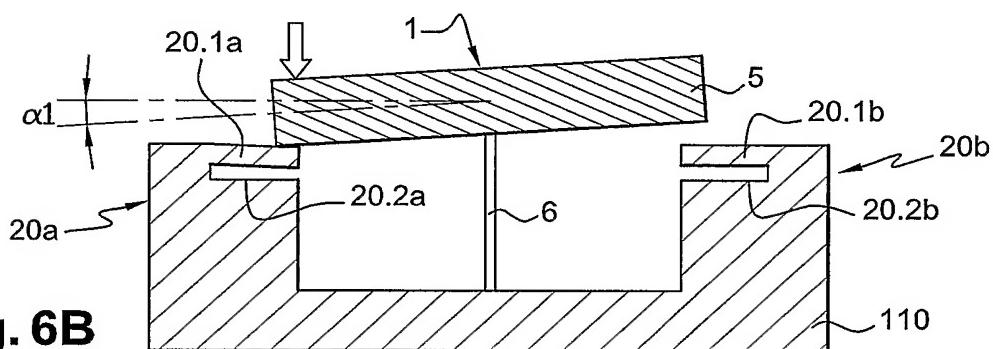
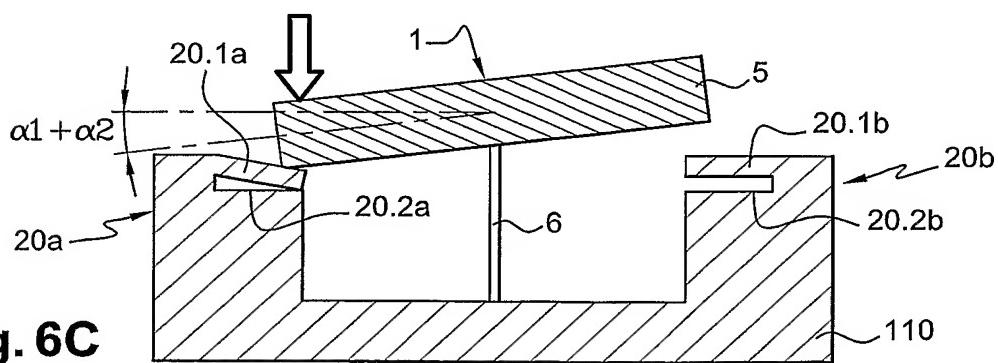
5 / 13

**Fig. 4C**

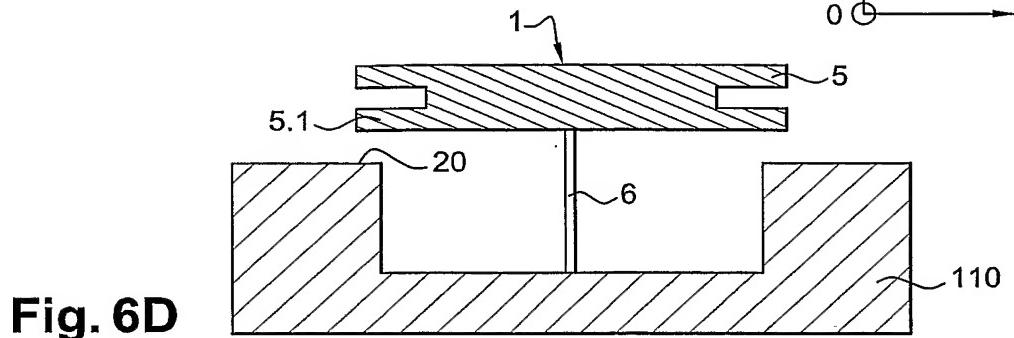
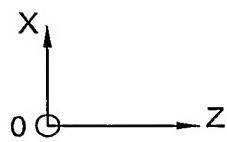
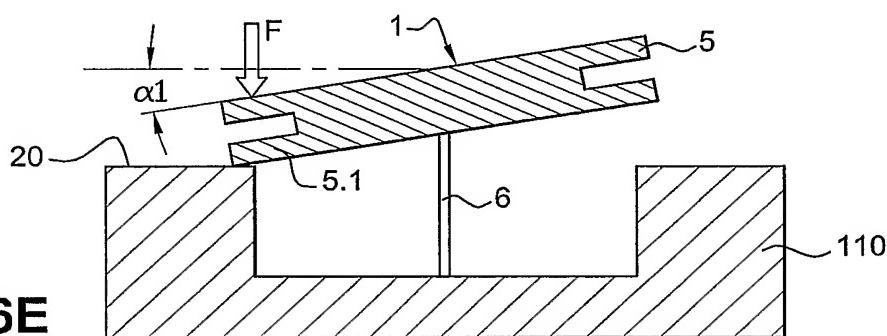
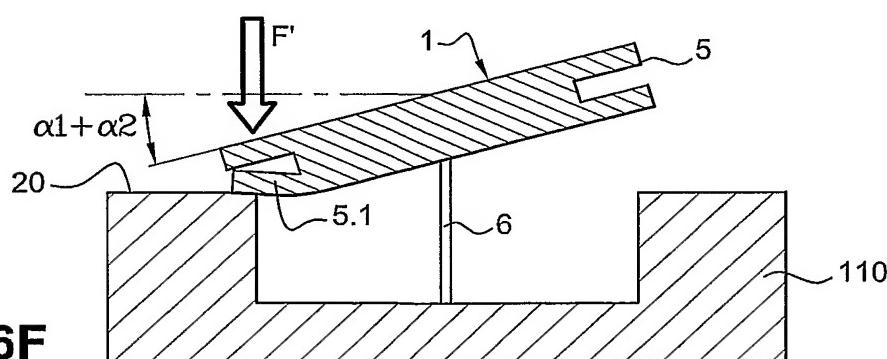
6 / 13

**Fig. 5A****Fig. 5B****Fig. 5C****Fig. 5D**

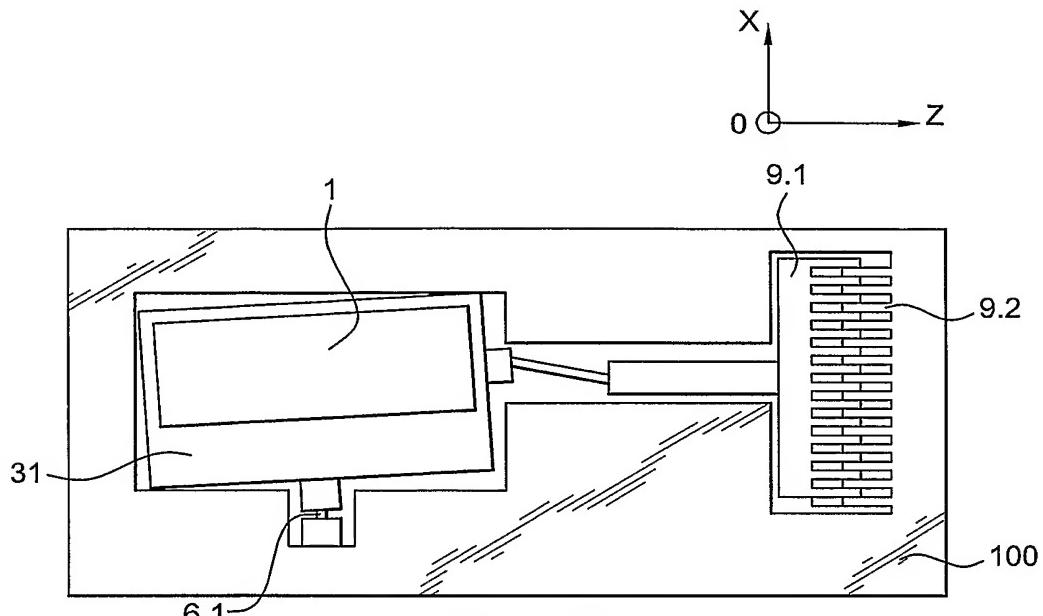
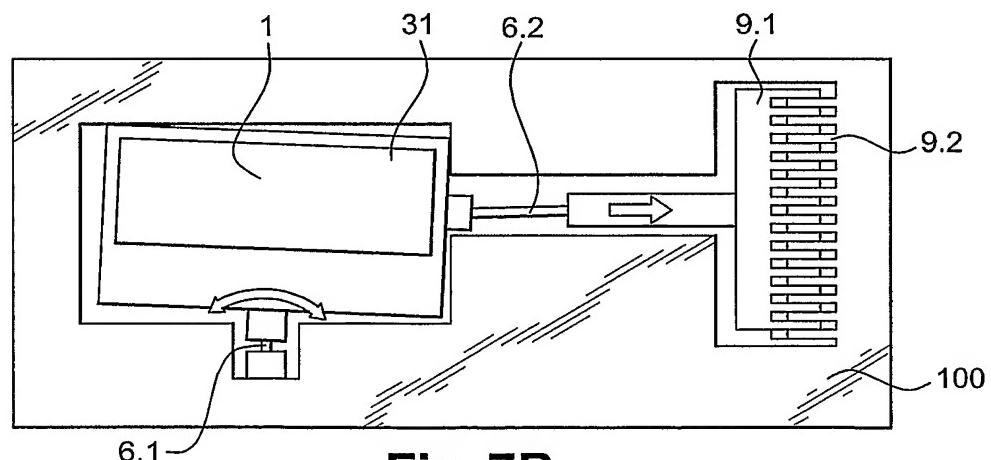
7 / 13

**Fig. 6A****Fig. 6B****Fig. 6C**

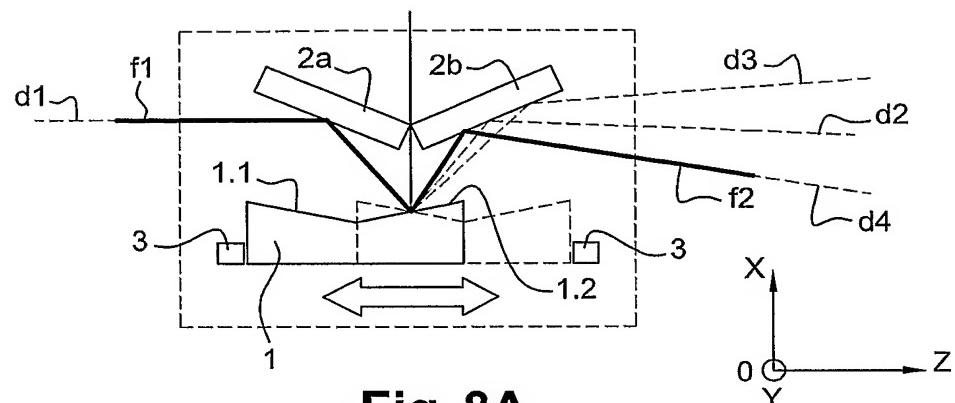
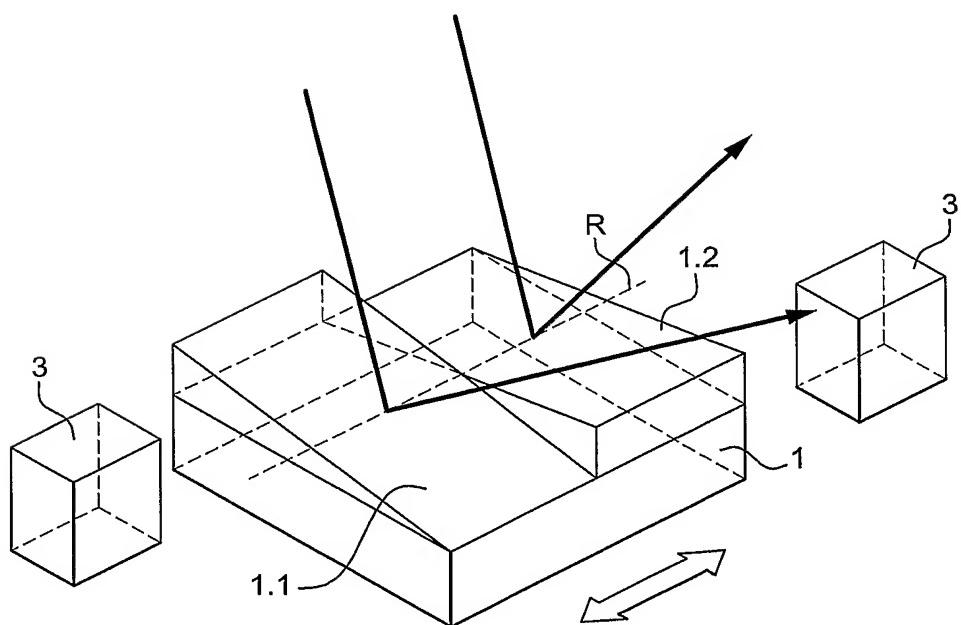
8 / 13

**Fig. 6D****Fig. 6E****Fig. 6F**

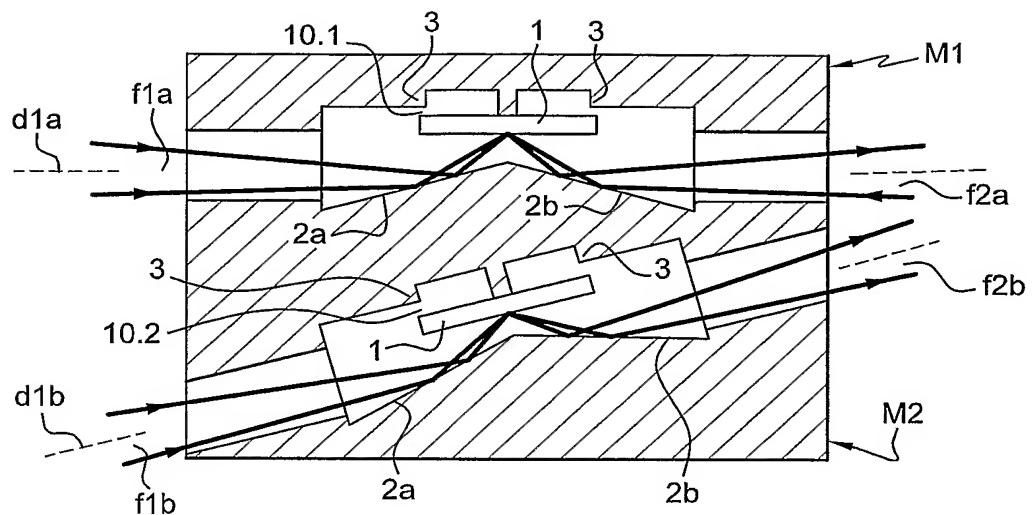
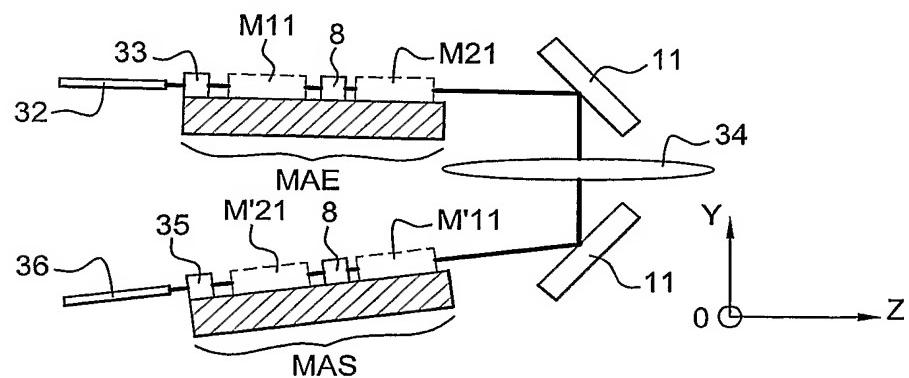
9 / 13

**Fig. 7A****Fig. 7B**

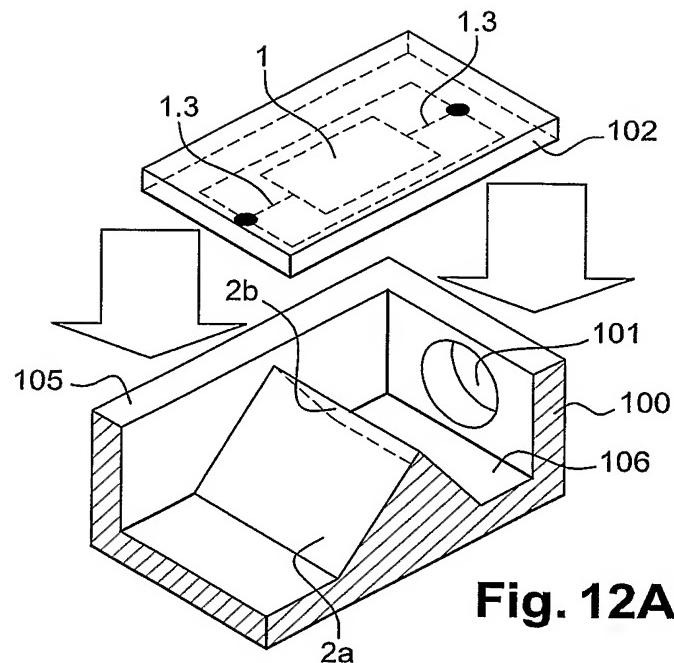
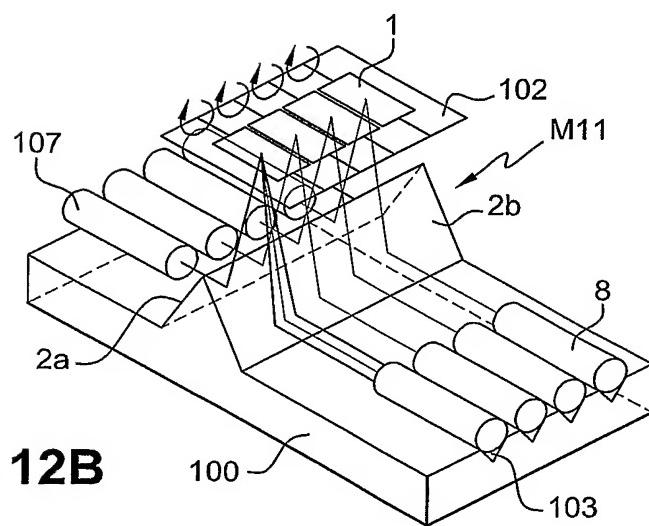
10 / 13

**Fig. 8A****Fig. 8B**

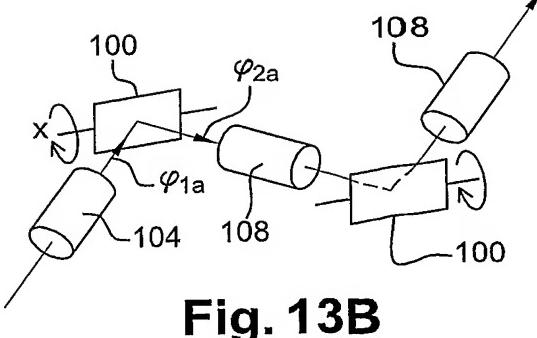
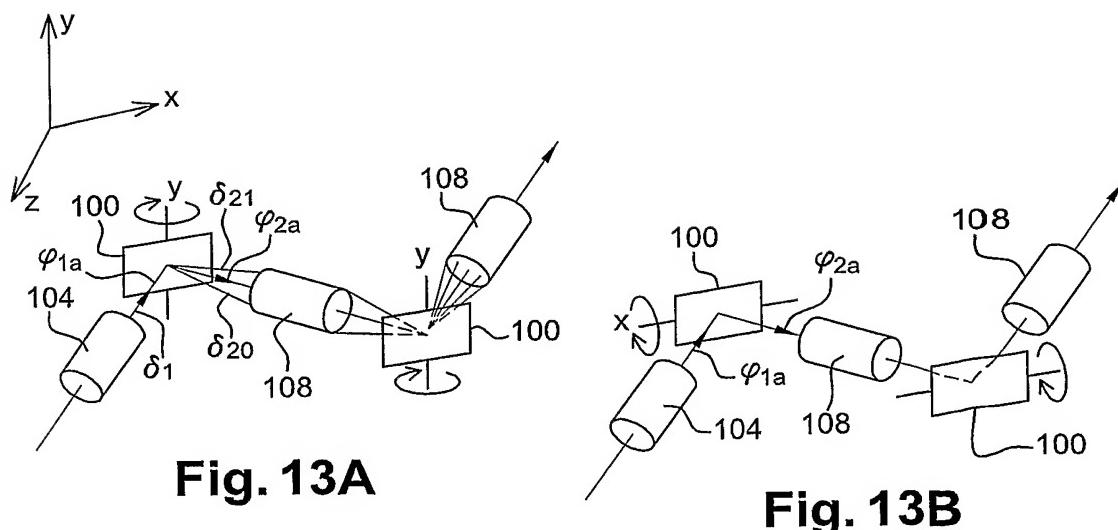
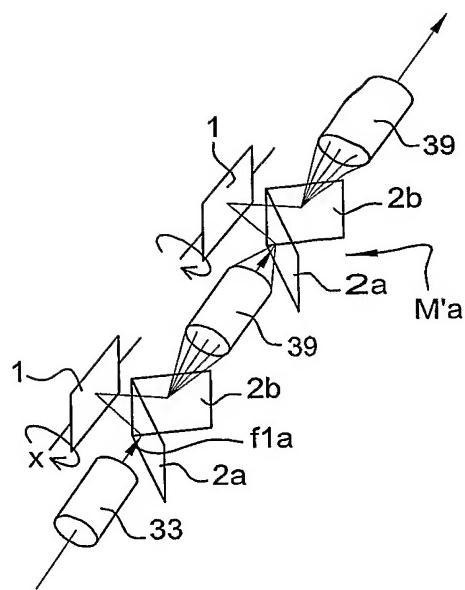
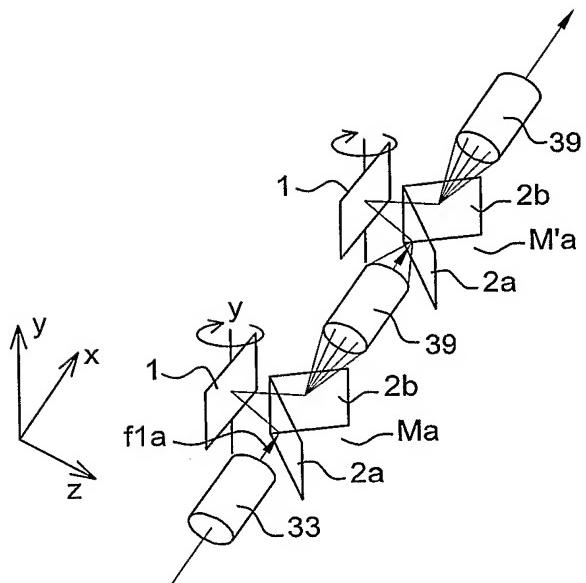
11 / 13

**Fig. 9****Fig. 10**

12 / 13

**Fig. 12A****Fig. 12B**

13 / 13



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/FR2004/050740

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 G02B6/35

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 G02B G01J

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	FR 2 821 678 A (TEEM PHOTONICS) 6 September 2002 (2002-09-06) cited in the application abstract; figure 4a -----	1-6, 34
X	EP 0 962 796 A (TEXAS INSTRUMENTS INC) 8 December 1999 (1999-12-08) abstract; figure 2 paragraph '0020! - paragraph '0021! -----	1, 23, 32
X	US 6 330 102 B1 (DANEMAN MICHAEL J ET AL) 11 December 2001 (2001-12-11) abstract; figures 3,4 ----- -/-	1-6, 10-12, 14-18, 22-30, 33-38

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

° Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority, claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the International search

13 April 2005

Date of mailing of the international search report

21/04/2005

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel: (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Jakober, F

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/FR2004/050740

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	HAGELIN P M ET AL: "SCALABLE OPTICAL CROSS-CONNECT SWITCH USING MICROMACHINED MIRRORS" IEEE PHOTONICS TECHNOLOGY LETTERS, IEEE INC. NEW YORK, US, vol. 12, no. 7, July 2000 (2000-07), pages 882-884, XP000968693 ISSN: 1041-1135 cited in the application the whole document -----	1
X	US 5 528 364 A (KOIKE MASAKO) 18 June 1996 (1996-06-18) abstract; figures 1-4 -----	1-6
X	US 6 166 805 A (KOJIMA MANABU ET AL) 26 December 2000 (2000-12-26) abstract; figures 3,4,11 -----	1-6
X	US 4 850 706 A (MIKES THOMAS) 25 July 1989 (1989-07-25) abstract; figures 1,3 -----	1-6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/FR2004/050740

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)	Publication date
FR 2821678	A	06-09-2002	FR EP WO US	2821678 A1 1410092 A1 02071126 A1 2004130810 A1	06-09-2002 21-04-2004 12-09-2002 08-07-2004
EP 0962796	A	08-12-1999	EP JP US US US US	0962796 A2 2000010029 A 2003164997 A1 6295154 B1 6430332 B1 2002018615 A1	08-12-1999 14-01-2000 04-09-2003 25-09-2001 06-08-2002 14-02-2002
US 6330102	B1	11-12-2001	US US US AU AU EP JP WO WO US AU AU AU AU TW WO WO WO WO US US US AU AU EP JP JP TW WO WO US US US	2002097478 A1 2001043386 A1 2002135855 A1 5098901 A 7480501 A 1269619 A2 2003529108 T 0171409 A2 0173937 A2 2001048784 A1 4598401 A 4770201 A 4777001 A 4943901 A 523485 B 0176054 A2 0176055 A2 0173935 A2 0173936 A2 2002026831 A1 2001040419 A1 2001051014 A1 2001050801 A1 4774801 A 8729701 A 1273094 A2 2003529312 T 2004500252 T 500690 B 0174707 A2 0173934 A2 2002005976 A1 2001034938 A1 2002046985 A1	25-07-2002 22-11-2001 26-09-2002 08-10-2001 03-10-2001 02-01-2003 30-09-2003 27-09-2001 04-10-2001 06-12-2001 15-10-2001 15-10-2001 08-10-2001 08-10-2001 11-03-2003 11-10-2001 11-10-2001 04-10-2001 04-10-2001 07-03-2002 15-11-2001 13-12-2001 13-12-2001 08-10-2001 15-10-2001 08-01-2003 30-09-2003 08-01-2004 01-09-2002 11-10-2001 04-10-2001 17-01-2002 01-11-2001 25-04-2002
US 5528364	A	18-06-1996		NONE	
US 6166805	A	26-12-2000	JP EP EP	2000088647 A 1462781 A2 1031825 A1	31-03-2000 29-09-2004 30-08-2000
US 4850706	A	25-07-1989		NONE	

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande Internationale No
PCT/FR2004/050740

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
CIB 7 G02B6/35

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 7 G02B G01J

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	FR 2 821 678 A (TEEM PHOTONICS) 6 septembre 2002 (2002-09-06) cité dans la demande abrégé; figure 4a -----	1-6, 34
X	EP 0 962 796 A (TEXAS INSTRUMENTS INC) 8 décembre 1999 (1999-12-08) abrégé; figure 2 alinéa '0020! - alinéa '0021! -----	1, 23, 32
X	US 6 330 102 B1 (DANEMAN MICHAEL J ET AL) 11 décembre 2001 (2001-12-11) abrégé; figures 3,4 ----- -/-	1-6, 10-12, 14-18, 22-30, 33-38

Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

° Catégories spéciales de documents cités:

- *A* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- *E* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- *L* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- *O* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- *P* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- *T* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- *X* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- *Y* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- *&* document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée	Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale
13 avril 2005	21/04/2005
Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL- 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Fonctionnaire autorisé Jakober, F

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale No PCT/FR2004/050740
--

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
X	HAGELIN P M ET AL: "SCALABLE OPTICAL CROSS-CONNECT SWITCH USING MICROMACHINED MIRRORS" IEEE PHOTONICS TECHNOLOGY LETTERS, IEEE INC. NEW YORK, US, vol. 12, no. 7, juillet 2000 (2000-07), pages 882-884, XP000968693 ISSN: 1041-1135 cité dans la demande le document en entier -----	1
X	US 5 528 364 A (KOIKE MASAKO) 18 juin 1996 (1996-06-18) abrégé; figures 1-4 -----	1-6
X	US 6 166 805 A (KOJIMA MANABU ET AL) 26 décembre 2000 (2000-12-26) abrégé; figures 3,4,11 -----	1-6
X	US 4 850 706 A (MIKES THOMAS) 25 juillet 1989 (1989-07-25) abrégé; figures 1,3 -----	1-6

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale No

PCT/FR2004/050740

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)		Date de publication
FR 2821678	A	06-09-2002	FR 2821678 A1 EP 1410092 A1 WO 02071126 A1 US 2004130810 A1		06-09-2002 21-04-2004 12-09-2002 08-07-2004
EP 0962796	A	08-12-1999	EP 0962796 A2 JP 2000010029 A US 2003164997 A1 US 6295154 B1 US 6430332 B1 US 2002018615 A1		08-12-1999 14-01-2000 04-09-2003 25-09-2001 06-08-2002 14-02-2002
US 6330102	B1	11-12-2001	US 2002097478 A1 US 2001043386 A1 US 2002135855 A1 AU 5098901 A AU 7480501 A EP 1269619 A2 JP 2003529108 T WO 0171409 A2 WO 0173937 A2 US 2001048784 A1 AU 4598401 A AU 4770201 A AU 4777001 A AU 4943901 A TW 523485 B WO 0176054 A2 WO 0176055 A2 WO 0173935 A2 WO 0173936 A2 US 2002026831 A1 US 2001040419 A1 US 2001051014 A1 US 2001050801 A1 AU 4774801 A AU 8729701 A EP 1273094 A2 JP 2003529312 T JP 2004500252 T TW 500690 B WO 0174707 A2 WO 0173934 A2 US 2002005976 A1 US 2001034938 A1 US 2002046985 A1		25-07-2002 22-11-2001 26-09-2002 08-10-2001 03-10-2001 02-01-2003 30-09-2003 27-09-2001 04-10-2001 06-12-2001 15-10-2001 15-10-2001 08-10-2001 08-10-2001 11-03-2003 11-10-2001 11-10-2001 04-10-2001 04-10-2001 07-03-2002 15-11-2001 13-12-2001 13-12-2001 08-10-2001 15-10-2001 08-01-2003 30-09-2003 08-01-2004 01-09-2002 11-10-2001 04-10-2001 17-01-2002 01-11-2001 25-04-2002
US 5528364	A	18-06-1996	AUCUN		
US 6166805	A	26-12-2000	JP 2000088647 A EP 1462781 A2 EP 1031825 A1		31-03-2000 29-09-2004 30-08-2000
US 4850706	A	25-07-1989	AUCUN		